

AÑO 5, NO.5, ENERO-DICIEMBRE 2021

# REVISTA DIGITAL INNOVACIÓN EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y EDUCACIÓN (ICTE)



CIENCIAS  
DE LOS  
ALIMENTOS Y  
AGROPECUARIAS

CIENCIAS  
BIOLÓGICAS

CIENCIAS  
DE LA  
INGENIERÍA Y  
FÍSICO-MATEMÁTICAS

CIENCIAS  
QUÍMICAS

CIENCIAS  
DE LA  
EDUCACIÓN,  
SOCIALES Y HUMANIDADES

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers  
Rector

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas  
Secretario General

Dr. Alfredo Sánchez Castañeda  
Abogado General

Dr. Luis Álvarez Icaza Longoria  
Secretario Administrativo

Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa  
Secretario de Desarrollo  
Institucional

Lic. Raúl Arcenio Aguilar Tamayo  
Secretario de Prevención,  
Atención y Seguridad  
Universitaria

Dr. William Henry Lee Alardín  
Coordinador de la Investigación  
Científica

Dr. Domingo Alberto Vital Díaz  
Coordinador de Humanidades

Dr. Jorge Volpi Escalante  
Coordinador de Difusión Cultural

Mtro. Néstor Martínez Cristo

Director General de  
Comunicación Social

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN

Dr. David Quintanar Guerrero  
Director

I. A. Alfredo Álvarez Cárdenas  
Secretario General

Dra. Susana Elisa Mendoza Elvira  
Secretaria de Posgrado e  
Investigación

I. A. Laura Margarita Cortazar  
Figueroa

Secretaria de Evaluación  
y Desarrollo de Estudios  
Profesionales

Mtro. Luis Rubén Martínez Ortega  
Secretario de Atención a la  
Comunidad

Lic. Claudia Vanessa Joaquín Bolaños  
Coordinación de Comunicación y  
Extensión Universitaria  
Departamento de publicaciones  
académicas

Mtra. Emma Ruíz del Río

Diseño Editorial

Dra. Alma Elisa Delgado Coellar

P. en Lic DCV Vianey Guzmán Cano

Imagen de portada

Yamil Itzel Valle Saldaña

Comité Editorial

Dra. María Inés Jaramillo Gutiérrez

Dra. Alma Villaseñor Solís

Prof. Mg. Susana Rosa Castrogiovanni

Dra. Betzabé Maldonado Mera

Dr. Paul Vargas Jentzsch

Dra. Fabiola Méndez Arriaga

Dra. María Cristina López Méndez

Dr. Yasser Alejandro Chim Chi

Dr. Juan Carlos García Gallegos

Dra. Jacqueline Oliva Ramírez

Mtro. Salomón David Consuegra Pacheco

M. en C. Alejandro de la Rosa Tilapa

Dra. Mayte Stefany Jiménez Noriega

Dr. Jorge Bello Domínguez

Dr. Julio César Botello Pozos

M. en C. Paola Edith Briseño Lugo

Dra. Alma Elisa Delgado Coellar

L.B.D. Josué Yasar Guerrero Morales

Mtra. Huberta Márquez Villeda

Dr. Julio César Morales Mejía

cDra. Selene Pascual Bustamante

Dra. Ma. Eugenia Ramírez Ortiz

Dra. Alma Luisa Revilla Vázquez

Dra. Marina Lucia Morales Galicia

Dra. Gloria De Los Ángeles Zita Padilla

Dr. Jorge Luis Rico Pérez

Dra. Francisca Alicia Rodríguez Pérez

Dra. María Andrea Trejo Márquez

Dra. María Gabriela Vargas Martínez



Atribución-NoComercial-SinDerivadas  
Permite a otros solo descargar la obra y compartirla  
con otros siempre y cuando se otorgue el crédito  
del autor correspondiente y de la publicación; no  
se permite cambiarlo de forma alguna ni usarlo  
comercialmente.

REVISTA DIGITAL INNOVACIÓN EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y EDUCACIÓN (ICTE), Año 5, No. 5, enero - diciembre de 2021, es una publicación anual editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, a través de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC), carretera Cuautitlán-Teoloyucan Km 2.5, San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, C.P. 54714, Estado de México. Tel. 5558173478, <http://masam.cuautitlan.unam.mx/RevistaICTE/> correo electrónico: [revista.ict@gmail.com](mailto:revista.ict@gmail.com) Editor responsable: Dra. María Gabriela Vargas Martínez. Certificado de Reserva de Derechos de Autor número: 04-2022-032315542200-102, ISSN en trámite, otorgado por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Dra. María Gabriela Vargas Martínez, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, carretera Cuautitlán-Teoloyucan Km 2.5, San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, C.P. 54714, Estado de México, fecha de última modificación: 19 de diciembre de 2021.

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores y no refleja el punto de vista de los árbitros, del Editor o de la UNAM.

Se autoriza la reproducción total o parcial de los textos aquí publicados siempre y cuando se cite la fuente completa y la dirección electrónica de la publicación.

# PRESENTACIÓN

La Revista Digital Innovación en Ciencia, Tecnología y Educación (ICTE) tiene como objetivo el contribuir a la difusión del conocimiento generado por las Instituciones de Educación Superior, poniendo a disposición material de investigación original de forma anual y con origen de Instituciones de diversos países.

Esto permite el intercambio de saberes con carácter multidisciplinario y busca construir un espacio de discusión y difusión del conocimiento. La Revista se conforma por las siguientes áreas: Ciencias de los Alimentos y Agropecuarias, Ciencias Químicas, Ciencias Biológicas, Ciencias de la Ingeniería y Físico-Matemáticas, así como Ciencias de la Educación, Sociales y Humanidades.

Los autores de ICTE provienen de diversas instituciones nacionales e internacionales, como son la Universidad Autónoma de Querétaro, Universidad Autónoma de Chihuahua, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tecnológico de Chihuahua, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Universidad Veracruzana, Instituto Politécnico Nacional, Universidad Nacional Autónoma de México, Addenbrooke's Hospital (Cambridge, UK), Universidad de Chile, Escuela Politécnica Nacional (Ecuador), Universidad Técnica de Manabi (Ecuador), Universidad UTE (Ecuador), Universidad Central del Ecuador, Universidad de la Costa CUC (Cuba), Universidad de la Habana (Cuba) y la Institución Universitaria ITSA (Colombia), entre otros.

La publicación está disponible para consulta en línea y con acceso abierto en:

<http://masam.cuautitlan.unam.mx/RevistaICTE/>

Esperamos que ICTE editada por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México, sea un instrumento que fomente entre los lectores, la comunicación científica a través de la publicación de artículos de alta calidad, que promuevan la cooperación científica, la internacionalización del conocimiento y estimulen la discusión académica.

- CONTAMINACIÓN POR HONGOS OCRATOXIGÉNICOS EN ALIMENTOS EXTRUIDOS PARA CANINOS DOMÉSTICOS..... **17**  
*Zaira Vianey Aguado Andrade, Karla Ivonne González Martínez, Gerardo Vázquez Marrufo, Virginia Angélica Robinson Fuentes.*
- EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS ANTIOXIDANTES DE AJO (*Allium sativum*) POR ULTRASONIDO PARA SU APLICACIÓN COMO AGENTE ANTIOXIDANTE NATURAL..... **25**  
*Lisset Jiménez Fonseca, Selene Pascual Bustamante, Andrea Trejo Márquez*
- CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA CÁSCARA DE TUNA ROJA Y VERDE PROVENIENTE DEL ESTADO DE PUEBLA ..... **34**  
*Augusto Rutilo Alonso Morales, Andrea Trejo Márquez, Selene Pascual Bustamante, Gabriela Hermosillo Moreno*
- DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE MELÓN Y CHAYOTE..... **44**  
*Mayra Janneth Cano Román, Evelyn García Retana, Alejandra Hernández Martínez, Mariely Guadalupe Mares Villa, Xavier Sebastián Vilchis Fonseca, Julieta González Sánchez, María Elena Vargas Ugalde*
- ESTUDIO DE CONSUMO DE QUESOS MANCHEGO PRODUCIDOS A NIVEL NACIONAL ..... **51**  
*Luis Gutiérrez Reyes, Alma Adela Lira Vargas*
- ESTUDIO COMPARATIVO DE INGREDIENTES DE DIFERENTES QUESOS MANCHEGO PRODUCIDOS A NIVEL NACIONAL ..... **62**  
*Luis Gutiérrez Reyes, Alma Adela Lira Vargas*
- PROPUESTA DE DESARROLLO DE CREPAS FUNCIONALES A BASE DE HARINA DE TRIGO, CHÍCHARO (*PISUM SATIVUM*) Y LINAZA, CON CHOCOLATE ..... **69**  
*Elena Shehin Mora, Sandra Margarita Rueda Enríquez, Alma Virginia Lara Sagahón*
- TEXTURA Y ESTABILIDAD DE GELES DE CARRAGENINA EN MEZCLA CON FRUCTANOS DE DIFERENTE ORIGEN (AGAVE Y ACHICORIA) ..... **80**  
*Mariel Flores-Juan, Virginia Agustina Delgado-Reyes, María Guadalupe Sosa-Herrera*
- FORMULACIÓN DE UN ALIMENTO DE CUARTA GAMMA PARA CANINOS CON MATERIAS PRIMAS DE LA REGIÓN DE MISANTLA ..... **86**  
*María Cristina López Méndez , Ana Fátima Ramírez Luna*

DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DEL CÁNCER .....	<b>95</b>
<i>José María Caballero González, Sandra Díaz Barriga Arceo</i>	
EVALUACIÓN DEL EFECTO GENOTÓXICO EN MUCOSA BUCAL POR USO DE BRACKETS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LA INTEGRIDAD DEL DNA Y CUANTIFICACIÓN DE ENZIMAS ANTIOXIDANTES .....	<b>106</b>
<i>Jessica Isabel Aguilar Montiel, Virginia Sánchez Monroy, Maritere Domínguez Rojas</i>	
EXTRACCIÓN DE SULFORAFANO A PARTIR DE LA BRASSICA OLERACEA VAR. ITÁLICA.....	<b>116</b>
<i>Sandra Jazmín Pérez Hernández, M. en C. Ángel Eduardo Márquez Ortega, I.Q. Nadia Jazmín González Gonzalez</i>	
MONITOREO DEL ESTADO DE RESTAURACIONES ECOLÓGICAS CON ÁRBOLES NATIVOS EN EL RIACHUELO, CIUDAD DE BUENOS AIRES, ARGENTINA.....	<b>126</b>
<i>Malena Nadin, Sandra Lagoutte, Ernesto Benito Giardina, Rafael Villalobos Garcia, Yeccan Villalobos Estrada</i>	
USOS ETNOBOTÁNICOS DE PROSOPIS LAEVI GATA EN LA COMUNIDAD DE SAN LUCAS XOLOX, MUNICIPIO DE TECÁMAC, ESTADO DE MÉXICO.....	<b>136</b>
<i>Yeccan Villalobos Estrada, Diego Antonio Sánchez Villalobos, Malena Nadin, Rafael Villalobos Garcia</i>	
RELACIÓN DE LA PRESENCIA DE AUTOANTICUERPOS ANTI-IFN $\gamma$ Y COVID-19.....	<b>147</b>
<i>Paulina Cortes Acevedo, Rainer Döffinger, Gabriela Barcenás Morales</i>	
DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DEL HATO PARA INCORPORARLO EN UNA PLATAFORMA DIGITAL SOBRE EL MANEJO REPRODUCTIVO EN EL HATO DE BOVINOS PRODUCTORES DE LECHE DE LA FES CUAUTITLÁN.....	<b>155</b>
<i>Mayrem Rosalín Guerrero Chávez, Alan Olazábal Fenochio, Alejandro Valdez Santamaria, Alicia Alcantar Rodríguez, Juana Alicia Alquicira Camacho, Ernesto Valencia Gutiérrez, Marcelino Sánchez Montoya, Norhan Cortes Fernández De Arcipreste, María del Carmen Espejel del Moral</i>	

## ÍNDICE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y FÍSICO-MATEMÁTICAS

- DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN Y DESARROLLO DE SISTEMAS DIGITALES UTILIZANDO MICROCONTROLADOR PIC 16F877 ..... **163**  
*Zósimo Ismael Bautista Bautista, Adriana González Flandez, Gustavo Juárez Sevilla*
- AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE ACERO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE ..... **174**  
*Adriana González Flandez, Zósimo Ismael Bautista Bautista, Armando Flores Jaime*
- MÓDULO DE CONCENTRACIÓN SOLAR PARA ENFRIAMIENTO POR ABSORCIÓN ..... **190**  
*Ricardo Joaquin Hornedo Aldeco*
- AUTOMATIZACIÓN DE LA UNIDAD DE POTENCIA HIDRÁULICA EN UNA LAMINADORA TIPO REVERSIBLE UTILIZANDO AUTOMATION STUDIO ..... **201**  
*Gustavo Juárez Sevilla, Zósimo Ismael Bautista Bautista, Ricardo Navarro Soto*
- CALIDAD DEL SUELO, USO Y APROVECHAMIENTO EN EL CAUCE URBANO DE LA CIUDAD DE BALANCÁN, TABASCO ..... **212**  
*Antonio de Jesús Vidal-Jiménez, Luis Antonio Arcos Que*
- USO DE HOJAS DE CÁLCULO Y GNU PLOT PARA ANÁLISIS DE ACEITES ..... **223**  
*Becerril García Jairo Alexis, Nicolás Piña Saúl, Camacho Roldan Víctor Antonio, González Reyes Aldo*
- COMERCIAL BASADO EN EL MÉTODO DE REDUCCIÓN DE CADMIO ..... **230**  
*Anayantzi Bautista Bautista, Juan Carlos Martínez López, Julio César Morales Mejía, María Gabriela Vargas Martínez*
- VISUALIZACIÓN DE UN FLUJO VECTORIAL EN GNU OCTAVE ..... **237**  
*Barreto Amenta Corrado Antonio, Ramírez Monsalvo Angel Fernando, Contreras Minor Andrés*
- NANOCOMPOSITO DE MICROESFERAS DE ÓXIDO DE TITANIO CON CARBONO NANOESTRUCTURADO ( $\text{TiO}_2/\text{C}$ ) Y SU APLICACIÓN COMO FOTOCATALIZADOR EN AGUAS RESIDUALES ..... **246**  
*Guzmán Martínez Pedro Abiram, García Vázquez Jesús Alberto, Hernández Jácome Ricardo, Rivera Sánchez Michelle Yoselin, Tentle Valeriano Carlos, Solano Ruíz Esaú*

OSCILADOR ARMÓNICO Y SU APLICACIÓN EN EL ANÁLISIS DE VIBRACIONES .....255

*Axel Yael Espino García, Lia Irlanda Pallares Fernández, Gustavo Ángel Jiménez Gaspar*

OPTIMIZACIÓN DE UN MODELO APLICANDO HOJA DE CÁLCULO PARA PREDECIR UN MODELO DE OSCILADOR ARMÓNICO AMORTIGUADO .....263

*Pérez Carbajal Luis Carlos, Ramírez Lucas Luis Angel, Gallardo Deloya David Ignacio, De La Peña Lina Angel, Lopez Salazar Victor Joaquin*

TRANSFERENCIA DE CALOR EN ESTADO ESTACIONARIO .....270

*Reyes Peñaloza Erick Gabriel, Nuño Hernández Ana Paula, Falcon Flores Abraham, Pérez Carbajal L.*

MODELADO Y SIMULACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE ENERGÍA UV EN UNA SOLUCIÓN DE AZUL DE METILENO .....278

*Ana Cristina Cárdenas, Paúl Ernesto Vargas Jentsch, Roque Antonio Santos Torres*



ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES EN AGUAS RESIDUALES MEDIANTE UN PROCESO DE ELECTRO-FENTON DE CARBÓN ACTIVADO GRANULAR. ....292

*Cynthia Michelle Beristain Cuahua, Juan Manuel Padilla Flores*

OBTENCIÓN DE ESTRUCTURAS CARBONOSAS A PARTIR DE COCOS NUCIFERA PARA SU INCORPORACIÓN EN PELÍCULAS POLIMÉRICAS A BASE DE MUCÍLAGO DE NOPAL.....300

*Aldair Zambrano Maldonado, Giovanna Díaz Herrera, Juan Manuel Padilla Flores*

DETERMINACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA DE CAPTOPRIL (R-SH) UTILIZANDO EL COMPLEJO COBRE(II)-NEOCUPROÍNA COMO REACTIVO CROMOGÉNICO.....307

*Pablo Hernández Matamoros, Alma Luisa Revilla Vázquez, Víctor Jesús Vázquez Mejía*

DETERMINACIÓN DE MERCURIO COMO IMPUREZA EN MATERIA PRIMA. PROPUESTA PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL MÉTODO GENERAL DE ANÁLISIS A LA FEUM.....317

*Luis Arturo Caballero Montesinos, Alma Luisa Revilla Vázquez, Pablo Hernández Matamoros*

ELABORACIÓN DE UN GEL ANTISÉPTICO A BASE DE ÓXIDO DE SILICIO, ÁCIDO HIALURÓNICO Y HETEROTHECA INULOIDES PARA SU POSIBLE USO EN TRATAMIENTOS DE HERIDAS Y HEMATOMAS .....327

*Jorge Alejandro Prado Pitol, Nazareth Yazuri Chaidez Altamirano, Dulce Valeria Velásquez Caceres, Vicente Rodríguez González, Juan Manuel Padilla Flores*

FORMACIÓN DE BIOPELÍCULAS A BASE DE MUCÍLAGO DE **OPUNTIA FICUS-INDICA** Y NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE SILICIO .....337

*Jased Hernandez Linares, Joselin Rincón Ponce, Sua Jesimiel Aleluya Hernández, Juan Manuel Padilla Flores*

APLICACIÓN DE FOTOCATALIZADORES  $TiO_2$  Y  $ZnO-SnO_2$  SOPORTADOS EN MESOCARPIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN AMBIENTE REAL.....347

*Valeria Rodríguez Rivera, Nohemi Sánchez De La Cruz, Erick Domínguez López, Francisco Javier Tzompantzi Morales, Juan Manuel Padilla Flores*

- ESTUDIOS QSAR Y DE ACOPLAMIENTO MOLECULAR PARA UNA SERIE DE DIHIDROPIRIDINAS ANÁLOGOS A LA NIFEDIPINA CON LA ENZIMA 3LV3 .....358  
*José Guillermo Penieres Carrillo, José Guadalupe García Estrada, Luis Antonio Martínez Arellano, Rodolfo Gómez Balderas, Diego Fernández Reyes*
- LÍQUIDOS IÓNICOS COMO INHIBIDORES DE CORROSIÓN EN ACERO. UN ESTUDIO TEÓRICO .....367  
*Bryan Ashley Acosta García, Alan Miralrio, Miguel Castro*
- DETERMINACIÓN DE CONSTANTES DE FORMACIÓN DE COMPLEJOS Cu(II)/BENZOATO POR UV-VIS .....373  
*Adrián Hernández Méndez, Gabriela Tejeda Juárez, Luis Ignacio Reyes García, Norma Rodríguez Laguna, Rosario Moya Hernández, Rodolfo Gómez Balderas*
- IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS ACTIVOS DE CRUCETILLO (**R. MONANTHA BENTH**) PARA POSIBLES APLICACIONES FARMACÉUTICAS.....382  
*Axel Uriel Jiménez Domínguez, Luz María García Rivera, Jesús Alberto García Vázquez, Pedro Abiram Guzmán Martínez, Lemuel Pérez Picaso, Juan Manuel Padilla Flores*
- ESTUDIO TEÓRICO DE LA TEMPERATURA Y FUERZA IÓNICA SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE DIAGRAMAS DE PREDOMINIO DE ESTADOS PARA LOS POLISISTEMAS  $Ag^+ - Cl^- - H^+ - e^-$  y  $Cu^{2+} - H^+ - Ox^{2-} - e^-$  EN MEDIO ACUOSO .....395  
*Arturo Pedroza-Rojas, Jorge Ruvalcaba-Juárez, Arturo-de-Jesús García-Mendoza*
- ELABORACIÓN DE GEL ANTISÉPTICO A BASE DE **CALENDULA OFFICINALIS** Y NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE TITANIO DECORADAS CON PLATA.....405  
*Josué Uriel Montaña Martínez, Iridian Michel Bautista Guzmán, Sandra Ivett Pérez López, Juan Manuel Padilla Flores.*
- ELABORACIÓN DE GEL ANTISÉPTICO A BASE DE COMPUESTOS BIOACTIVOS DE **ORIGANUM VULGARE** Y **ALOE VERA** ENCAPSULADOS EN NANOPARTÍCULAS DE  $SiO_2$  y  $ZnO-SnO_2$  PARA SU LIBERACIÓN CONTROLADA.....415  
*Guadalupe Luna Cedillo, Moisés Amado Cabrera Cruz, María Sherlynee Martínez Miranda, Juan Manuel Padilla Flores*

- ESTUDIO TEÓRICO DE LA ADSORCIÓN DE MOLÉCULAS SOBRE  
CORONENE TIPO GRAFENO.....**426**  
*Cintha Susana Olmedo Martínez, Fabián Armando Rodríguez Velasco, Sandy María Pacheco Ortín, Esther Agacino Valdés*
- ANÁLISIS METABOLÓMICO BASADO EN <sup>1</sup>H-RMN DE MEZCALES  
OBTENIDOS A PARTIR DE TRES ESPECIES OAXAQUEÑAS  
DE AGAVE .....**435**  
*Delgado-Altamirano Ronna, Rodríguez de San Miguel-Guerrero Eduardo, Esturau Escofet Nuria, Ruiz-Terán Francisco*
- CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO FITOQUÍMICO Y FARMACOLÓGICO DE  
LA ESPECIE **BUDDLEJA AMERICANA L.** (TEPOZÁN) UTILIZADA EN LA  
MEDICINA TRADICIONAL MEXICANA.....**445**  
*Eduardo Aguilar Salazar, Brígida del Carmen Camacho Enríquez, Lidia Rangel Trujano, María Verónica Vázquez Cianca, Mario Arturo Morales Delgado, Alejandra Sánchez Barrera*
- DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE ACARREADORES LIPÍDICOS  
NANOESTRUCTURADOS CON CURCUMINOIDES, COMO TRATAMIENTO  
PARA EL ESTRÉS OXIDATIVO EN LA PIEL .....**455**  
*Marco Antonio Espinosa Olivares, Norma Laura Delgado-Buenrostro, Yolanda Irasema Chirino, María Andrea Trejo-Márquez, Selene Pascual-Bustamante, Adriana Ganem Rondero*
- DESCRIPTORES QUÍMICOS EN COMPLEJOS DE PALADIO Y SUS  
LIGANTES TRIDENTADOS CON RELACIÓN A SU ACTIVIDAD CATALÍTICA  
EN LA REACCIÓN DE SUSUKI MIYAURA.....**467**  
*Celia Verónica Mancilla Frías, Alejandro Castillo García, Fernando Ortega Jimenez, Esther Agacino Valdés*
- ESTRUCTURAS MOLECULARES DE METALOCENOS DE LA 1ª SERIE DE  
TRANSICIÓN .....**477**  
*Ana Eugenia Hernández Hernández, Ricardo Valencia Enríquez, Didier Nivón Ramírez, Rodolfo Gómez Balderas*
- PROPUESTA DE TRATAMIENTO ALTERNATIVO PARA LA REDUCCIÓN DE  
ACEITE VEGETAL PRESENTE EN AGUAS RESIDUALES URBANAS .....**486**  
*Víctor David Rosas Bravo, Mario Vega Camarillo, Alejandro San Juan Martínez, Jared López Gallardo, Juan Manuel Padilla Flores*

FORMULACIÓN DE LIPOSOMAS CARGADOS CON ROSA DE BENGALA PARA SU USO EN LA TERAPIA FOTODINÁMICA PARA EL TRATAMIENTO DE QUERATITIS .....497

*Norma Angélica Villanueva Martínez, Omar Molina Alejandre, María Guadalupe Nava Arzaluz, Elizabeth Piñón Segundo, Flora Adriana Ganem Rondero*

SÍNTESIS DE  $\beta$ -NEROLINA EN MEDIO ÁCIDO, ANÁLISIS DEL MECANISMO DE REACCIÓN MEDIANTE EL MÉTODO SEMIEMPÍRICO AM1 .....505

*José Guillermo Penieres Carrillo, José Guadalupe García Estrada, Luis Antonio Martínez Arellano, Rodolfo Gómez Balderas, León Daniel Ponce Pérez*

COMPARACIÓN DE CONTENIDO Y SEGURIDAD DE BASES DE MAQUILLAJE LÍQUIDAS COMERCIALES COMO AUXILIAR EN LA TOMA DE DECISIONES DE CONSUMO.....514

*Andrea Betsabé Juárez Morales, Alma Adela Lira Vargas*

ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS INGREDIENTES DECLARADOS EN LOS PROTECTORES SOLARES COMO AUXILIAR EN LA TOMA DE DECISIÓN DE COMPRA.....522

*Diana Janneth Solis Montebello, Alma Adela Lira Vargas*



# ÍNDICE

CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN, SOCIALES Y HUMANIDADES

- ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA BAJO LA MODALIDAD DE EDUCACIÓN REMOTA DE EMERGENCIA EN APOYO A ESTUDIANTES DE LICENCIATURA DE LA FES CUATITLÁN.....531  
*Margarita Flores Zepeda*
- DIDÁCTICA: ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS EN EL USO DE LAS TIC APLICADAS A LA ENSEÑANZA .....541  
*Angulo Romero Rosa María Teresa*
- LA COMUNICACIÓN EFECTIVA Y AFECTIVA EN LA EDUCACIÓN A DISTANCIA. IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS EN LA LICENCIATURA DE DISEÑO Y COMUNICACIÓN VISUAL A DISTANCIA .....559  
*Araceli Granados García, Erika Rodríguez Martínez, Jenny Segoviano García, Lizbet Noriega Hernández, María Yanira Manrique Mendoza<sup>5</sup>, Sandra Verónica Reséndiz Olvera, Yusiel López Baltazar*
- DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA PARA EL APRENDIZAJE DE LA FORMULACIÓN DE MEDICAMENTOS A NIVEL MEDIO SUPERIOR .....567  
*Cleofas Garduño Heidi; Castillo Rodríguez Miriam Aide*
- EL PROCESO DE COMUNICACIÓN ENTRE LAS INSTITUCIONES UNIVERSITARIAS Y ESTUDIANTES EN TIEMPOS DEL COVID-19.....576  
*Suemi Lima-Vargas, Ana Sofía Dominguez-Martinez, Cristian Uriel Flores-Flores, Alondra Michelle Orizaba-Jaime, Alvaro Enrique Lima-Vargas*
- ESCAPE ROOM: ESTRATEGIA PARA EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS.....585  
*Claudia Erika Morales Hernández*
- TUTORÍA REMOTA PARA ESTUDIANTES CON PROBLEMAS DE APRENDIZAJE: EL CASO DE PAES .....592  
*Marco Antonio Rodríguez Galicia, Yunuen Ixchel Guzmán Cedillo*
- EL ESTUDIO DEL CONTEXTO COMO UN ELEMENTO TRASCENDENTAL PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO.....603  
*María Trinidad Contreras González, Guillermo Contreras González, Patricia Vilchis Esquivel*

ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LA EJEMPLIFICACIÓN CUALITATIVA DE LA DISMINUCIÓN DE LA TEMPERATURA DE FUSIÓN: PESCANDO UN HIELO.....	611
<i>Adolfo Eduardo Obaya Valdivia, Carlos Montaña-Osorio, Dionicio López Acosta</i>	
DISEÑO DE PÁGINA WEB PARA LA INCENTIVACIÓN DE DESARROLLO DE PROYECTOS EN ALUMNOS DE INGENIERÍA.....	617
<i>David Tinoco Varela</i>	
LA INTERVENCIÓN EN LÍNEA COMO ACCIÓN TUTORA EN EL COLEGIO DE CIENCIA Y HUMANIDADES PLANTEL NAUCALPAN.....	627
<i>Adriana Jaramillo Alcantar, Guillermo Itzamna Platas Jiménez</i>	
EL VIDEO COMO UNA HERRAMIENTA PARA LA ENSEÑANZA .....	636
<i>Oscar Sánchez Baños, Víctor Hugo Hernández Gómez</i>	
INNOVACIÓN Y ACCESIBILIDAD UNIVERSAL: UN COMPROMISO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR PARA LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD .....	645
<i>Eska Elena Solano Meneses</i>	
PROCESOS PEDAGÓGICOS EN LAS ARTES Y EL DISEÑO: ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN EDUCATIVA PARA PROPICIAR LA COLABORACIÓN Y COMUNICACIÓN EN ASIGNATURAS PROYECTUALES .....	653
<i>Alma Elisa Delgado Coellar</i>	
ALGORITMO PARA RESOLVER UN PROBLEMA DE BALANCE DE ENERGÍA MEDIANTE NEWTON-RAPHSON.....	677
<i>García Pelcastre Jesús Dario, Martínez Huesca Karla, Hernández Rodríguez Carla Vanessa</i>	
DE REMEMBRANZAS ESTAMOS HECHOS. DEL SALÓN DE DIBUJO A LA VIRTUALIDAD Y DE AHÍ, A LA PRESENCIALIDAD .....	689
<i>Huberta Márquez Villeda</i>	
ESTRATEGIAS PARA DESARROLLAR EL PENSAMIENTO CRÍTICO EN LOS FUTUROS DOCENTES DE QUÍMICA A NIVEL SECUNDARIA .....	700
<i>Edith Hernández Vázquez</i>	
EL GRADO DE SATISFACCIÓN DE ESTUDIANTES DE NIVELES MEDIO SUPERIOR Y SUPERIOR RESPECTO A LAS CLASES EN LÍNEA DURANTE EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2020 .....	710
<i>Patricia Vilchis Esquivel, Verónica Vilchis Esquivel, Linda Emi Oguri Campos</i>	

EL ESTUDIO DEL CONTEXTO COMO UN ELEMENTO TRASCENDENTAL  
PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO ..... **729**  
*María Trinidad Contreras González, Guillermo Contreras González, Patricia Vilchis Esquivel*

SECUENCIA DIDÁCTICA PARA EL APOYO EN EL APRENDIZAJE DE  
CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS USANDO PROTOTIPOS CASEROS  
PARA EL NIVEL MEDIO SUPERIOR ..... **737**  
*Rocío Villanueva Hernández, Rosario Moya Hernández, Adrián Ricardo Hipólito Nájera*

LEM V ALIMENTOS: EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE A DISTANCIA DE  
OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA EN ALIMENTOS ..... **743**  
*María Elena Vargas Ugalde, Julieta González Sánchez*

CONTROL DE TRES DISOLUCIONES AMORTIGUADORAS A  
FUERZA IÓNICA ELEVADA ( $I=0.72$  mol/L) MEDIANTE SEGUIMIENTO  
POTENCIOMÉTRICO ..... **751**  
*Martínez Pérez Ricardo Galdino, Arturo de Jesús García Mendoza*

LA LITERATURA PUBLICADA EN TORNO A LAS COMPETENCIAS  
INFORMACIONALES Y DIGITALES DE LOS ESTUDIANTES  
UNIVERSITARIOS: UNA MIRADA DESDE LA CIENCIA  
BIBLIOTECOLÓGICA..... **761**  
*Angélica Guevara Villanueva, Angélica María Rosas Gutiérrez, Felipe Zamora Cruz*

HIPOCONDRIA DIGITAL..... **772**  
*M. en C.E.F. Verónica Vilchis Esquivel, D. en F. Patricia Vilchis Esquivel, L.L.I. Ramiro Eduardo Muñoz Ferreyro*







CIENCIAS DE LOS  
ALIMENTOS Y  
AGROPECUARIAS

# CONTAMINACIÓN POR HONGOS OCRATOXIGÉNICOS EN ALIMENTOS EXTRUIDOS PARA CANINOS DOMÉSTICOS



Zaira Vianey Aguado Andrade\*<sup>1</sup>, Karla Ivonne González Martínez<sup>2</sup>, Gerardo Vázquez Marrufo<sup>3</sup>, Virginia Angélica Robinson Fuentes<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, [1026500d@umich.mx](mailto:1026500d@umich.mx).

<sup>2</sup>Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, [1106943g@umich.mx](mailto:1106943g@umich.mx).

<sup>3</sup>Centro Multidisciplinario de Estudios en Biotecnología, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, [gvazquez@umich.mx](mailto:gvazquez@umich.mx).

<sup>4</sup>División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, [virginia.robinson@umich.mx](mailto:virginia.robinson@umich.mx).



## Resumen

Los alimentos extruidos para mascotas suelen contener cantidades relativamente altas de cereales que se adicionan durante el proceso de extrusión (Twomey et al., 2002), por lo tanto, la materia prima puede estar contaminada con esporas de hongos toxigénicos. El objetivo de la presente investigación es determinar el grado de contaminación por hongos ocratoxigénicos presentes en alimentos extruidos para caninos domésticos dentro del estado de Michoacán. Para ello, se recolectaron muestras de diversas marcas de alimentos extruidos para perros en empaque sellado y a granel. Posteriormente, las muestras molidas se vertieron y distribuyeron respectivamente sobre placas con medio de cultivo de agar papa y dextrosa e incubadas durante 5 a 7

días. Se encontró la presencia poco frecuente de especies fúngicas en algunas de las muestras evaluadas de empaque sellado. En cambio, las muestras a granel si contenían una considerable contaminación fúngica en comparación con las muestras evaluadas de empaque sellado.

**Palabras clave:** Hongos ocratoxigénicos, ocratoxinas, micotoxinas, alimentos extruidos, contaminación, perros.

---

### Antecedentes

Las ocratoxinas son micotoxinas producidas por diversas especies de hongos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* (Malir et al., 2016). Estas especies fúngicas producen siete tipos de toxinas siendo la más tóxica y frecuente la ocratoxina A, la cual se encuentra presente en las contaminaciones primarias de muchos productos vegetales y de modo particular en cereales y legumbres de regiones geográficas tanto templadas como frías y húmedas (Castañeda, Chirivella y Carbonell, 2012). La ocratoxina A es producida por varias especies de hongos de los géneros *Penicillium* y *Aspergillus*. Se consideran *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium verrucosum* y *P. viricatum*, los principales productores de ocratoxina A en alimentos debido a su gran facilidad de dispersión y crecimiento (Ravelo et al., 2011).

Aunque los perros pertenecen a la Orden Carnivora, los alimentos extruidos para mascotas suelen contener cantidades relativamente altas de cereales y subproductos de cereales desde el proceso de extrusión (Twomey et al., 2002). Sin embargo, a pesar de que las condiciones particulares de este procesamiento se caracterizan por emplear altas presiones y temperaturas, reducir la humedad de los alimentos y almacenar herméticamente al pellet para protegerlo de la contaminación y el desarrollo de hongos, no llegan a degradar/inactivar a las micotoxinas que posiblemente contaminan los ingredientes en bruto (Kaushik, 2013; Witaszak et al., 2019). Por consiguiente, los alimentos extruidos para mascotas resultan en riesgo de contaminación, siendo las aflatoxinas, el deoxinivalenol (DON), la zearalenona, fumonisinas y la ocratoxina A las principales micotoxinas presentes (Razzazi et al., 2001).

La industria procesadora de alimentos concentrados para animales debe garantizar

que sus productos estén por debajo de los límites toxicológicos establecidos para micotoxinas. La mejor manera de evitar problemas de contaminación por las toxinas fúngicas es a través de la prevención. Desafortunadamente, muchas veces las medidas de prevención son insuficientes y se estima que gran parte de los granos del mundo se encuentren contaminados con micotoxinas (Maia y Pereira, 2002; Requena, Saume y León, 2005). Aunque el conocimiento actual sobre los efectos toxicológicos en estas especies es limitado, la OTA puede ser un factor ambiental asociado con la enfermedad renal crónica (ERC) en animales (Boermans y Leung, 2007; Songsermsakul et al., 2007; Meucci et al., 2017).

## Objetivo

Evaluar el grado de contaminación por hongos ocratoxigénicos presentes en diversas marcas de alimentos comerciales extruidos para caninos domésticos en empaque sellado y a granel, dentro del estado de Michoacán.

## Parte experimental

Se recolectaron 25 muestras de distintas marcas de alimentos comerciales extruidos en empaque sellado y 25 muestras a granel disponibles en diversos establecimientos de la ciudad de Morelia, Michoacán. Se analizó la formulación de las muestras de croquetas evaluadas en empaque sellado y a granel.

Los empaques de alimentos seleccionados fueron abiertos para posteriormente mezclarse individualmente obteniendo una muestra representativa de 500 g, la cual fue tomada de 5 sitios diferentes dentro del mismo empaque (4 de los extremos y uno del centro), considerando que la distribución de hongos ocratoxigénicos se encuentra dispersa en el alimento de manera heterogénea. Las muestras representativas fueron mezcladas nuevamente y se pesaron 200 g de cada muestra para ser sometidas a un proceso de trituración o molienda hasta obtener partículas finas empleando un mortero de porcelana. Se pesaron 250 mg de cada muestra de croquetas molidas para posteriormente ser vertidas y distribuidas respectivamente sobre placas con medio de cultivo de agar papa y dextrosa, suplementado con cloranfenicol a una concentración de 50 mg/L. Posteriormente, las muestras fueron inoculadas al triplicado para después incubarse a una temperatura de  $28 \pm 2$  °C durante 5 a 7 días.

De igual manera, se evaluó el número de unidades formadoras de colonias (UFC) y el desarrollo macroscópico de las colonias de hongos filamentosos encontrados en las placas de muestras de alimento extruido en empaque sellado y a granel.

## Resultados y discusión

De acuerdo al análisis realizado para determinar la formulación de las muestras de croquetas evaluadas en empaque sellado, el 92% corresponde a una formulación basada principalmente en una gran cantidad de cereales y sus derivados (Fig. 1 y 2), como son el maíz, el trigo y el arroz. En cambio, el 8% de las muestras aseguran poseer ingredientes libres de granos para su formulación (maíz y trigo), los cuales son sustituidos por legumbres como papas, pulpa de remolacha y otros cereales menores entre los que destaca el arroz integral, el mijo y el salvado de arroz (Fig. 1 y 3). Asimismo, el maíz, el trigo, el arroz son los ingredientes empleados con mayor frecuencia, para la producción de alimentos secos de las muestras a granel analizadas, seguidos del sorgo y la cebada (Fig. 4).

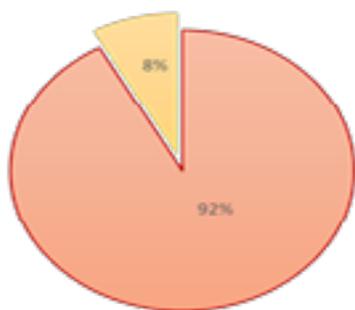


Figura 1. Porcentaje de muestras de alimento extruido en empaque sellado.

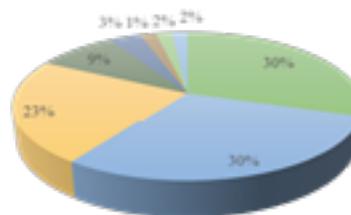


Figura 2. Ingredientes identificados en muestras de alimento extruido formuladas a base de cereales.

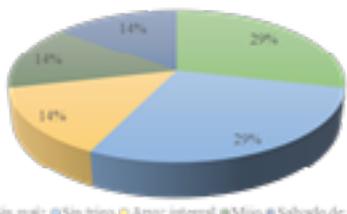


Figura 3. Ingredientes identificados en muestras de alimento extruido libres de granos.

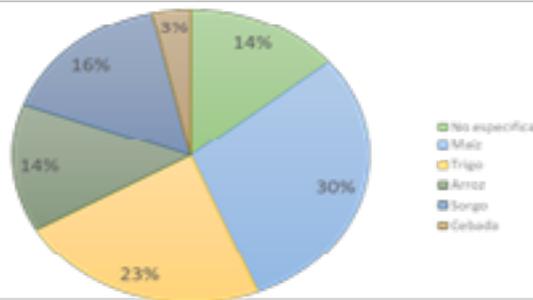
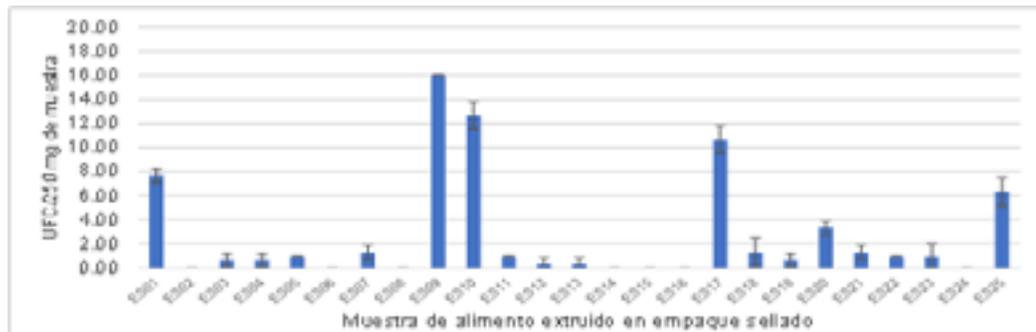
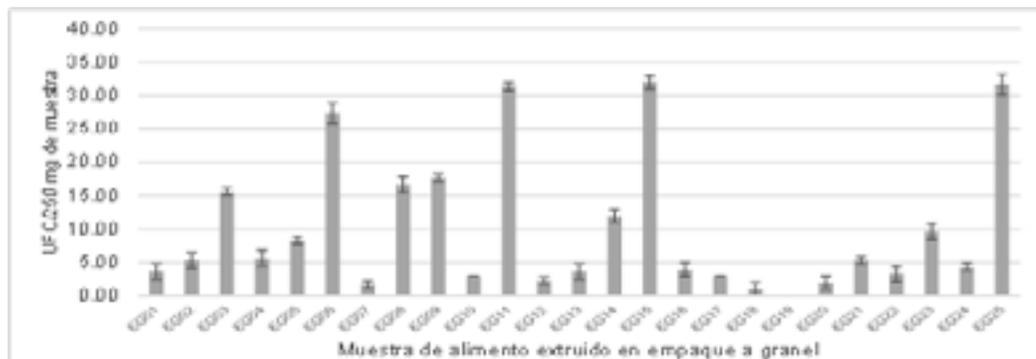


Figura 4. Ingredientes identificados en muestras de alimento extruido a granel.

De acuerdo a los resultados obtenidos con relación al número de UFC de hongos filamentosos, las placas fueron evaluadas visualmente en búsqueda de la formación de colonias fúngicas, tomando en cuenta aspectos como la textura de la superficie, la consistencia del medio, coloración del anverso y reverso de la placa, gotas de exudado, etc. Se encontró la presencia poco frecuente de especies fúngicas en la mayoría de las muestras evaluadas de empaque sellado, observando que solamente siete de las muestras evaluadas son negativas a la presencia de colonias fúngicas (Fig 5). Como era de esperarse, las UFC de hongos filamentosos presentes en alimentos extruidos para mascotas a granel se presentaron con mayor frecuencia y crecimiento con respecto a las muestras de empaque sellado, observándose que únicamente una muestra es negativa a la contaminación fúngica (Fig 6); sin embargo, no se garantiza que se hayan degradado o inactivado a las toxinas producidas por los hongos toxigénicos por los procesos industriales empleados para la elaboración de alimentos concentrados para mascotas.

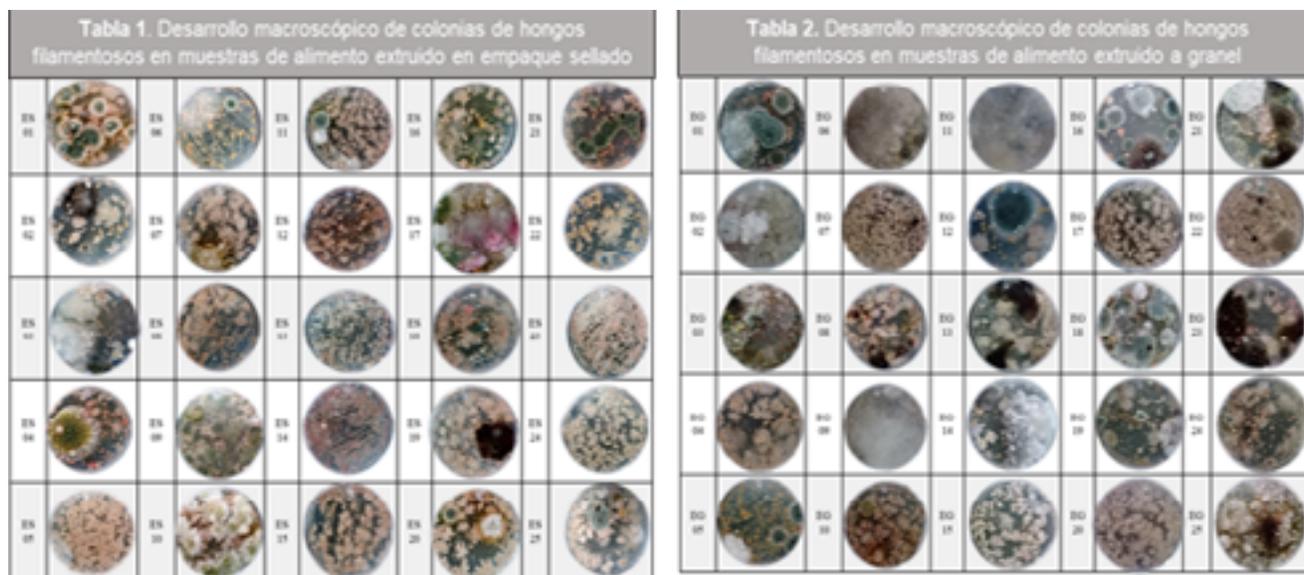


**Figura 5.** Número de unidades formadoras de colonias de hongos filamentosos presentes en alimentos extruidos para perros en empaque sellado.



**Figura 6.** Número de unidades formadoras de colonias de hongos filamentosos presentes en alimentos extruidos para perros a granel.

De igual manera, como resultado de la evaluación del desarrollo macroscópico de colonias de hongos filamentosos en las placas de muestras de alimento extruido en empaque sellado y a granel (Tabla 1 y 2), se logra observar una abundante presencia de hongos en las muestras analizadas. Se espera la caracterización morfológica de las especies fúngicas aisladas, siguiendo claves taxonómicas para su identificación.



### Conclusiones

A pesar de las rigurosas condiciones empleadas durante el proceso de extrusión, la gran mayoría de las muestras fueron positivas a la presencia de hongos filamentosos, siendo las de marcas conocidas a nivel nacional las de mayor frecuencia de poblaciones fúngicas, lo cual, puede sugerir que dichas muestras de alimentos extruidos estén contaminadas con micotoxinas. La ausencia de especies fúngicas toxigénicas en algunas de las muestras analizadas, no significa que no se encuentren toxinas en las mismas, debido a que estas pueden persistir inclusive después de la muerte de la forma vegetativa del hongo que las produce, a pesar de las elevadas temperaturas empleadas durante la elaboración de los alimentos para mascotas. Es importante realizar la identificación morfológica de las especies fúngicas en las muestras de alimento analizadas, con la finalidad de establecer si se trata de especies ocratoxigenicas. De igual manera, se pretende determinar el grado de exposición de los caninos domésticos hacia la ocratoxina A, ya que, puede ser un factor ambiental implicado en la enfermedad renal crónica de esta especie.

## Agradecimientos

Agradecimientos al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por el apoyo y patrocinio económico brindado para la realización de este proyecto de investigación.



## Referencias

- Boermans HJ y Leung MC. (2007). Mycotoxins and the pet food industry: Toxicological evidence and risk assessment. *International Journal of Food Microbiology*, 119, 95-102. ISSN 0798-7269
- Castañeda SR, Chirivella MJ y Carbonell BE. (2012). Micotoxicosis derivadas de la nutrición animal; Revisión del tema. NEREI, *Revista Iberoamericana Interdisciplinar de Métodos, Modelización y Simulación*, 4, 51-61
- Kaushik G. (2013). Effect of processing on mycotoxin content in grains. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55, 1672–1683. doi: 10.1080/10408398.2012.701254
- Maia P y Pereira M. (2002). Occurrence of aflatoxins B1, B2, G1 and G2 in some Brazilian pet foods. *Food Additives and Contaminants*, 19, 12, 1180-1183. doi: :10.1080/0265203021000011214
- Malir F, Osrty V, Pfohl LA, Malir J y Toman J, (2016). Ochratoxin A: 50 years of research. *Toxins*, 8, 191. doi: 10.3390/toxins8070191
- Meucci V, Luci G, Vanni M, Guidi G, Perondi F y Intorre L. (2017). Serum levels of ochratoxin A in dogs with chronic kidney disease (CKD): a retrospective study. *Journal of Veterinary Medical Science*, 79, 2, 440-447. doi: 10.1292/jvms.16-0226
- Ravelo A, Rubio C, Gutiérrez AJ y Hardisson A. (2011). La Ocratoxina A en alimentos de consumo humano. *Nutrición Hospitalaria*, 26, 6, 1215-1226
- Razzazi FE, Böhm J, Grajewski J, Szczepaniak K, Kübber-Heiss AJ y Iben CH. (2001). Residues of ochratoxin A in pet foods, canine and feline kidneys. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 85, 212-216. doi: 10.1046/j.1439-0396.2001.00331.x
- Requena F, Saume E y León A. (2005). Micotoxinas: riesgos y prevención. *Zootecnia Tropical*, 23, 4, 393-410. ISSN 0798-7269
- Songsermsakul P, Razzazi FE, Böhm J. y Zentek J. (2007). Occurrence of deoxynivalenol (DON) and ochratoxin A (OTA) in dog foods. *Mycotoxin Research*, 23, 65-67. doi: 10.1007/BF02946027
- Twomey LN, Pethick DW, Rowe JB, Choct M, Pluske JR, Brown W y Laviste MC. (2002). The use of sorghum and corn as alternatives to rice in dog foods. *Journal of Nutrition*, 132, 1704-1705. doi: 10.1093/jn/132.6.1704s
- Witaszak N, Stepien T, Bocianowski J y Waśkiewicz A. (2019). Fusarium Species and Mycotoxins Contaminating Veterinary Diets for Dogs and Cats. *Microorganisms*, 7, 26. doi: 10.3390/microorganisms7010026

# EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS ANTIOXIDANTES DE AJO (*Allium sativum*) POR ULTRASONIDO PARA SU APLICACIÓN COMO AGENTE ANTIOXIDANTE NATURAL



Lisset Jiménez Fonseca<sup>1</sup>, Selene Pascual Bustamante<sup>1</sup>, Andrea Trejo Márquez<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>Laboratorio de Postcosecha de Productos Vegetales, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, [lissetfonseca14@gmail.com](mailto:lissetfonseca14@gmail.com), [spluna27@cuautitlan.unam.mx](mailto:spluna27@cuautitlan.unam.mx), [andreatrejo2009@gmail.com](mailto:andreatrejo2009@gmail.com)\*



## Resumen

El objetivo fue evaluar el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante de extractos de ajo obtenidos por ultrasonido a diferentes condiciones. Se aplicó ultrasonido a 30 y 50 minutos de extracción utilizando diferentes concentraciones de etanol (70-30% y 80-20 %) y temperaturas (25 y 50°C). Los resultados fueron favorables para los extractos obtenidos a 50°C, en el caso de capacidad antioxidante se obtuvieron 6.55 mmol trolox/ml para el extracto por 50 min con alcohol-agua en proporción 70:30, el cual fue 15% mayor al obtenido en el extracto por 30 min con solvente a 80:20. Para el contenido de fenoles totales se obtuvieron 5.54 mg de ácido gálico equivalente (GAE)/ml para el extracto obtenido a 30 °C por 50 min con una concentración de solvente 70:20, fue 52.10% mayor con respecto al extracto obtenido con las condiciones 30°C, por 30 min con solvente 70:20.

**Palabras clave:** Ajo, antioxidante, extracto, ultrasonido, fenoles, capacidad antioxidante

## Antecedentes

En los últimos años los consumidores se preocupan por el consumo de alimentos que contienen aditivos “sintéticos”, buscando ingerir aditivos de origen natural. Esto ha impulsado llevar a cabo estudios sobre la efectividad de productos naturales como aditivos, específicamente alimentos con propiedades antimicrobianas y antioxidantes. El ajo ha demostrado tener estas propiedades por los componentes bioactivos que contiene, como en el estudio presentado por Rahman y colaboradores en 2012, los cuales mencionaron que la alicina es el principal compuesto activo del ajo fresco y es producido por la interacción de alicina con la enzima alinasa. El ajo tiene una gran capacidad antioxidante debido a que muchos de sus componentes activos son eficaces para inhibir la formación de radicales libres, la alicina actúa como antioxidante al reaccionar con las enzimas que tienen grupos tiol libres, atrapando radicales libres, en especial a los radicales hidroxilos (Rahman, 2007). Además, refuerzan el mecanismo de captación de radicales endógenos, aumentan las enzimas antioxidantes celulares como la superóxido dismutasa, catalasa y glutatión peroxidasa y protegen a las lipoproteínas de baja densidad de la oxidación causada por los radicales libres (López, 2007).

Se considera esta propiedad antioxidante del ajo para aumentar la vida de anaquel de algunos alimentos, buscando retardar principalmente la oxidación de lípidos. Es por ello, que continuamente se han realizado estudios para determinar la efectividad del ajo como agente antimicrobiano o antioxidante, como el caso de Gheisari y colaboradores en 2012, que investigaron la capacidad antioxidante y antimicrobiana de diferentes presentaciones de ajo adicionadas a carne de camello, almacenada en refrigeración, los resultados mostraron un retardo en la oxidación de lípidos y crecimiento microbiano al utilizar extractos de ajo.

Uno de los principales retos en la obtención de un extracto es el método que se utiliza, ya que en algunos se obtiene un extracto de baja calidad por el uso de solventes orgánicos que pueden llegar a ser perjudiciales a la salud del ser humano, además de que

pueden dañar a las moléculas termosensibles que se encuentran en los extractos, y en el caso del ajo la mayoría de estas moléculas son vinculadas con la actividad antioxidante, por ello es necesario trabajar con un método que pueda reducir: el peligro de degradación térmica de los compuestos bioactivos, la generación de residuos y el uso de solventes, por ello se consideró la aplicación de ultrasonido a bajas temperaturas. El ultrasonido y su aplicación en la industria alimentaria han sido muy investigada y desarrollada, determinando su efecto sobre las propiedades de los alimentos, sanidad vegetal y elaboración de alimentos. La tecnología se basa en la transmisión de sonido a través de medios líquidos a una frecuencia más allá de la gama audible humana (18 MHz) (Barbosa *et al.*, 2011; Suárez, 2001).

### **Objetivo(s)**

Obtener un extracto de ajo (*Allium sativum*) a diferentes condiciones de extracción por ultrasonido para su aplicación como agente antioxidante de origen natural.

### **Materiales y métodos**

#### ***Materiales***

Para el desarrollo del proyecto se utilizaron ajos (*Allium sativum*) provenientes del estado de Puebla, los cuales fueron llevados al Laboratorio de Postcosecha de Productos Vegetales del Centro de Asimilación Tecnológica de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, en donde se pelaron, lavaron, trituraron, secaron y molieron para obtener ajo en polvo.

#### **Obtención de los Extractos de Ajo por Ultrasonido**

Los extractos de ajo fueron obtenidos a partir del ajo en polvo en relación 1:3 con respecto al solvente, empleando diferentes condiciones etanol al 70 y 80 % a temperatura de 25 y 50 °C durante 30 y 50 minutos, utilizando un baño ultrasónico 8891 (marca Cole-Parmer) Después los extractos fueron recolectados y filtrados para almacenarse en contenedores de vidrio ámbar a -20 °C, para su posterior análisis.

## Contenido de Fenoles Totales

La cantidad de compuestos fenólicos totales dentro de los extractos se determinó utilizando el reactivo Folin-Ciocalteu. Se agitaron 200  $\mu\text{l}$  de extracto fenólico con 1500  $\mu\text{l}$  de agua destiladas, 100  $\mu\text{l}$  de Folin-Ciocalteu y 200  $\mu\text{l}$  de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y se dejó reposar 30 minutos para después leer la absorbancia de las muestras con ayuda de un espectrofotómetro UV/VIS (marca VELAB) a 765 nm usando concentraciones de ácido gálico que oscilaban entre los 0 y 1 mg/ml como estándar, el contenido total de compuestos fenólicos de los extractos se calculó a partir de la curva patrón. Los fenoles totales se expresaron en miligramos de ácido gálico por mililitro (mg GAE/ml).

### *Evaluación de Actividad Antioxidante Equivalente de Trolox*

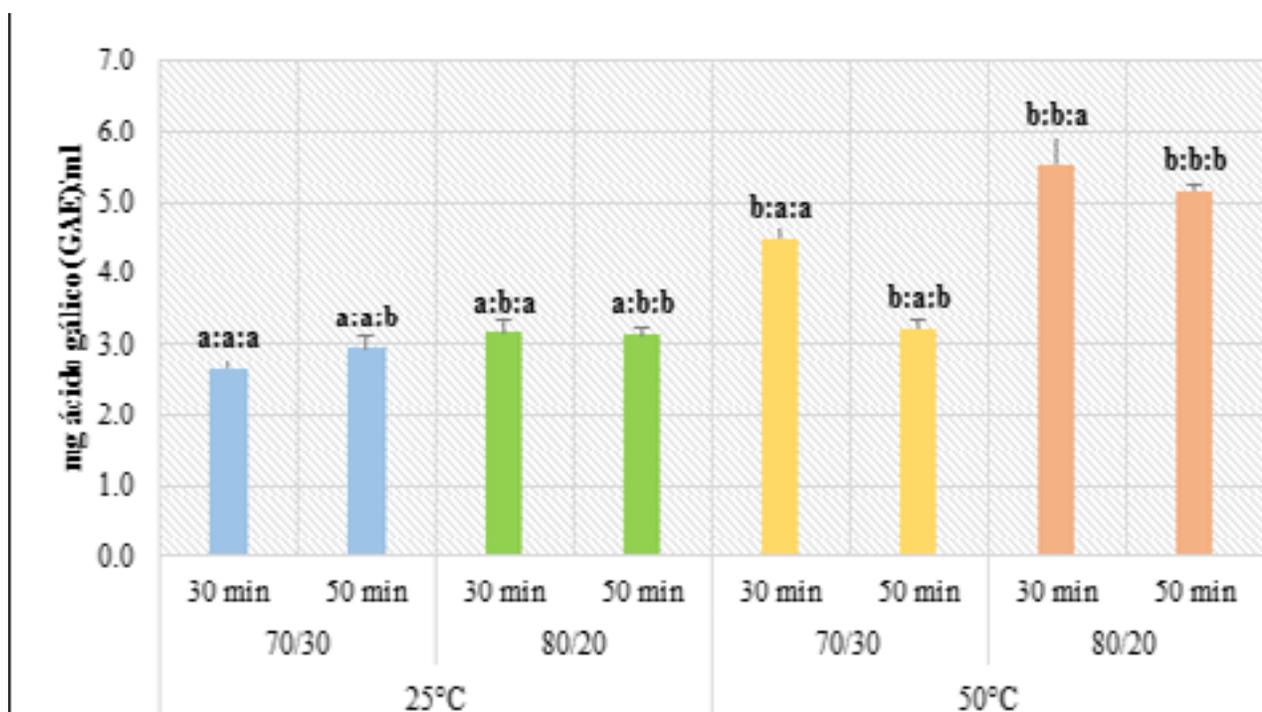
La capacidad antioxidante se evaluó utilizando el reactivo ABTS+, que es una solución azul verdosa que contiene radicales libres altamente estables. A 100  $\mu\text{l}$  de extracto se le agregaron 1900  $\mu\text{l}$  de solución ABTS+ y se leyó la absorbancia a 734 nm con ayuda de un espectrofotómetro UV/VIS (marca VELAB). Las lecturas se realizaron por triplicado, y por cada punto se usó un blanco de metanol al 80% ( $A_0$ ), y una solución de Trolox con concentraciones de 60 a 300  $\mu\text{M}$  como estándar. Se calculó el porcentaje de inhibición para cada solución estándar de Trolox con el fin de obtener una curva patrón y posteriormente hacer los cálculos requeridos para determinar la capacidad antioxidante. La actividad antioxidante se expresó en milimoles de Trolox por mililitro (mmoles de Trolox/ml) (Re et al., 1999).

### *Tratamientos estadísticos.*

Los resultados obtenidos se analizaron con un paquete estadístico IBM SPSS Statistics versión 20, donde se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias mediante pruebas de rango múltiple (Tukey y Duncan) aplicando un nivel de significancia del  $p \leq 0.05$ , para determinar si existe diferencia significativa entre los tratamientos de estudio.

## Resultados y discusión

Los fenoles químicamente son sustancias que poseen un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilo, incluyendo a sus derivados funcionales, estos a su vez se dividen en flavonoides, ácidos fenólicos y polifenoles, sustancias que son esenciales para el desarrollo y la reproducción de las plantas. Debido a que los compuestos fenólicos se presentan distribuidos ampliamente en las frutas y vegetales, originan una de las clases más importantes de metabolitos secundarios en plantas (López, 2008). Una vez obtenidos los extractos se procedió a evaluar el contenido de fenoles, ya que estos compuestos se asocian con la actividad antioxidante que pueden llegar a tener algunos alimentos. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 1.



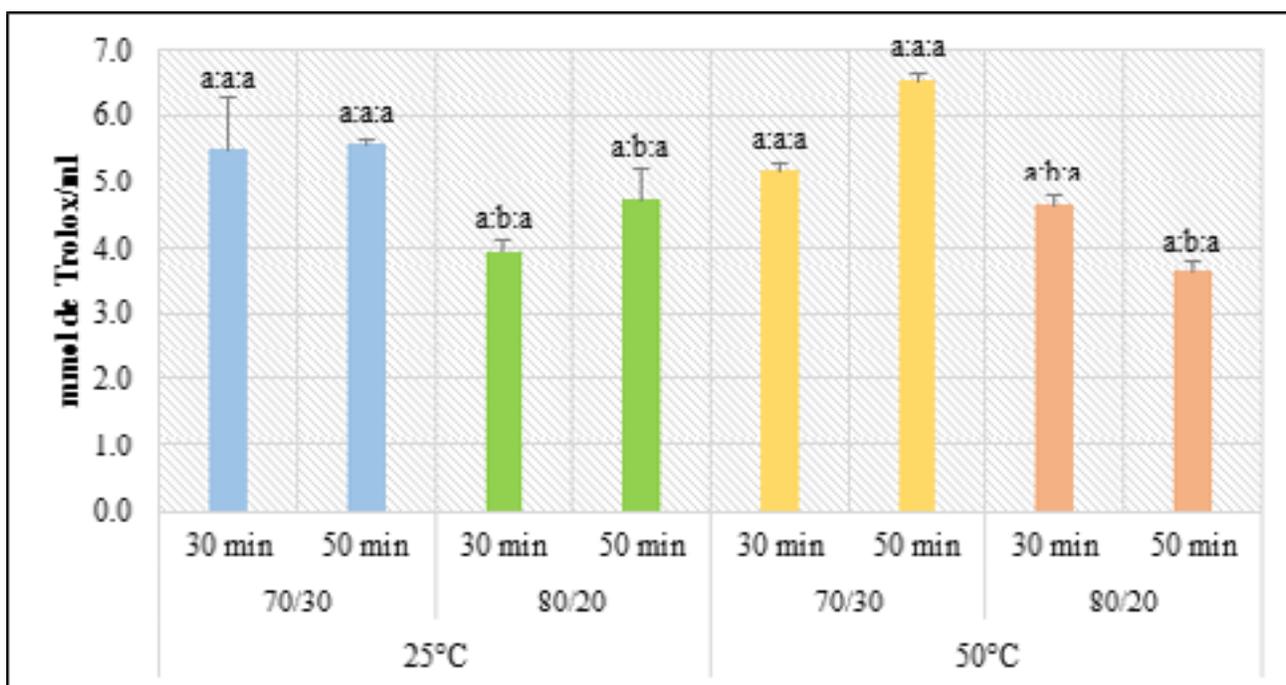
**Figura 1.** Contenido de Fenoles Totales de los extractos de ajo obtenidos por ultrasonido. La primera letra representa diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) por temperatura, la segunda letra representa diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) por concentración de solvente, la tercera letra representa diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) por tiempo.

En cuanto al contenido de fenoles obtenido en los extractos de ajo se observó que presentó diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) por la temperatura de extracción, encontrándose mayor concentración de fenoles aproximadamente 3 mg de ácido gálico/ml, en los extractos obtenidos a 50 °C, comparados con aquellos que se obtuvieron a 25 °C, este comportamiento es similar a lo reportado por Mendoza en 2018, quien extrajo compuestos antioxidantes de flor de cempasúchil, en donde se observó un incremento en la extracción de estos compuestos al aumentar la temperatura en el proceso de extracción. En el caso de la concentración de solvente se observó una mayor extracción de fenoles en aquellos obtenidos con la solución de etanol al 80%, del mismo modo al incrementar el tiempo de extracción ayudó a tener una mayor concentración de fenoles en los extractos de ajo, presentando diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ). En función a los resultados obtenidos las condiciones que permitieron obtener una mayor concentración de fenoles fueron de 5.5 mg de GAE/ml, con una solución de etanol al 80% a temperatura de 50 °C por 30 min. El contenido de fenoles totales, 3.31 mg de GAE/g, fue superior al presentado por Wongsu et al. (2012) y al extracto con metanol presentado por Queiroz et al. (2009) que fue de 6.99 mg de GAE/g.

Es necesario mencionar que compuestos fenólicos tales como flavonoides y derivados del ácido cinámico (ác. ferrílico, ác. cumárico, ác. sinápico y caféico), son considerados antioxidantes primarios, pues al contener hidrógenos fenólicos hacen que tengan carácter ácido, lo que los hace que sean aceptores de radicales libres, y de acuerdo al pH en que se encuentran pueden actuar como agentes quelantes de metales; ya sea manteniendo o incrementando su actividad catalítica o reduciéndolos (Decker 1997), pues estos se basan en las propiedades redox, absorción y neutralización de radicales, debido a la capacidad para donar estos átomos de hidrógeno y de esta forma transformar al radical libre en un radical débil no tóxico (Posada *et al.*, 2003). En la Figura 2 se presentan los resultados obtenidos de capacidad antioxidante de los extractos de ajo obtenidos.

Como se observa en la Figura 2 la actividad antioxidante osciló entre los 3.61 y 6.55 mmoles de Trolox/ml, que es mayor a la reportada por Yachachin en 2013 (1.17 mmoles de Trolox/ml) en un extracto expectorante de ajo, kion, eucalipto y linaza. Como podemos observar en la Figura 2 no hay una correlación significativa entre la temperatura y el tiempo ( $p < 0.05$ ), pero sí entre las concentraciones del solvente. El extracto con mayor actividad antioxidante es el obtenido a 50°C y 50 minutos utilizando etanol al 70% ya que presenta 6.55 mmoles de trolox/ml que es 44.89% más que el

extracto obtenido a las mismas condiciones de temperatura y tiempo, pero utilizando etanol al 80%. Sin embargo, este extracto no presenta un alto contenido de fenoles totales, lo cual indica que estos compuestos fenólicos no contribuyen a la actividad antioxidante de los extractos de ajo, lo cual concuerda con lo mencionado por Cai et al. (2004) quienes, describen, que la mayoría de actividad antioxidante de fuentes vegetales se derivan de compuestos de tipo fenólico, estos efectos no siempre se correlacionan con la presencia de grandes cantidades de fenoles.



**Figura 2.** Actividad antioxidante de los extractos de ajo obtenidos por ultrasonido. La primera letra representa diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) por temperatura, la segunda letra representa diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) por concentración de solvente, la tercera letra representa diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) por tiempo.

## Conclusiones

Con base en los resultados se concluye que la capacidad antioxidante de los extractos de ajo mejora cuando se utiliza etanol al 70% a 50°C, favoreciendo su aplicación como antioxidante de origen natural en cualquier tipo de alimentos, sin embargo, el contenido de fenoles totales obtenido fue disminuyendo conforme se aumentaba la temperatura de extracción lo que puede indicar que no todos los compuestos antioxidantes presentes en los extractos de ajo son polifenoles, debido a que algunas veces

la capacidad antioxidante no está dada simplemente por la suma de las capacidades antioxidantes de cada uno de sus componentes, sino también por la interacción entre ellos, lo que puede producir efectos sinérgicos o antagónicos.

### **Agradecimientos**

Un agradecimiento muy especial a la UNAM-DGAPA por el financiamiento del proyecto Aplicación de tratamientos de ultrasonido, campos eléctricos y cocción solar en el procesamiento de productos hortofrutícolas típicos de México (PAPIIT IT202419.)



## Referencias

- Cai, Y., Luo, Q., Sun, M., & Corke, H. (2004). Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sciences* 74, 17, 2157–2184. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2003.09.047>.
- Gheisari, H. R.; Ranjbar, V. R. (2012). Antioxidative and antimicrobial effects of garlic in ground camel meat. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences* 36, 1, 77-83. <https://doi.org/10.3906/vet-1012-620>
- López, J. (2008). Los alimentos funcionales: Importancia y Aplicaciones. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Chile. *Fat science technology*, 11, 428-432.
- López, M. (2007). El ajo, propiedades farmacológicas e indicaciones terapéuticas. *OFFARM*. 26, 1, 78-81.
- Mendoza P. B. L. (2018). Extracción de compuestos bioactivos de la flor de cempasúchil para su aplicación como antioxidante en aceite de pepira de calabaza. Tesis Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan. UNAM
- Queiroz, Y. S.; Ishimoto E. Y.; Bastos D. H. M.; Sampaio G. R.; Torres E. A. F. S. (2009) Garlic (*Allium sativum* L.) and ready-to-eat garlic products: In vitro antioxidant activity. *Food Chemistry* 115, 1, 371-374. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.11.105>.
- Rahman M.; Fazlic V.; Saad N. (2012) Antioxidant properties of raw garlic (*Allium sativum*) extract. *Internacional Food Research Journal* 19, 2, 589-591. [http://irep.iium.edu.my/6724/1/ID-39 \(Int food research Journal\).pdf](http://irep.iium.edu.my/6724/1/ID-39(Int%20food%20research%20Journal).pdf)
- Rahman, M. S. (2007). Allicin and other functional active components in garlic: Health benefits and bioavailability. *International Journal o Food Properties* 10, 2, 245-268. <https://doi.org/10.1080/10942910601113327>
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. y Rice-Evans C (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad. Biol. Med*, (26), 1231-1237.
- Wongsa, P.; Chaiwarit, J.; Zamaludien, A. (2012). In vitro screening of phenolic compounds, potential inhibition against  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase of culinary herbs in Thailand. *Food Chemistry* 131, 3, 964-971. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.088>.
- Yachachin E. S. L. (2013) Caracterización fisicoquímica del extracto expectorante de ajo (*Allium Sativum* L.), kión (*Zingiber Officinale* L.), eucalipto (*Eucaliptus Globulus* L.) Y linaza (*Linum Usitatissimum* L.). Tesis de licenciatura. Universidad Nacional del Centro de Perú. Recuperado de: <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1969/Yachachin%20Espinoza.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

# CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA CÁSCARA DE TUNA ROJA Y VERDE PROVENIENTE DEL ESTADO DE PUEBLA



*Augusto Rutilo Alonso Morales, Andrea Trejo Márquez\*, Selene Pascual Bustamante,  
Gabriela Hermosillo Moreno*

*<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Laboratorio de Postcosecha de Productos Vegetales, Centro de Asimilación Tecnológica. \*[andreatrejo@unam.mx](mailto:andreatrejo@unam.mx)*



## Resumen

El objetivo del presente trabajo fue la caracterización de cáscara de tuna roja y verde, conservada en fresco y congelada para conocer su potencial tecnológico. Las tunas se adquirieron en el estado de Puebla, fueron lavadas, peladas, congeladas y deshidratación para la obtención de harinas. De los resultados se observó una concentración de compuestos fenólicos de 136 mg de ácido gálico/g en la harina de cáscara de tuna roja fresca y un 38% menos de compuestos fenólicos en la congelada. En la harina de cáscara de tuna verde, se encontró una mayor concentración de compuestos fenólicos en la congelada con 93.6 mg de ácido gálico/g, siendo 23% más comparado con la obtenida en la cáscara fresca. En cuanto a la actividad antioxidante se observó que la cáscara de tuna roja presentó mayor actividad con 393.33  $\mu$ moles Trolox/100g, seguido de la harina de cáscara de tuna verde congelada con 285.87  $\mu$ moles Trolox/100 g. Se concluye que las cáscaras de tuna roja son subproductos con alto potencial tecnológico.

**Palabras clave:** Tuna, capacidad antioxidante, fenoles, harina, Opuntia

## Antecedentes

La tuna (*Opuntia ficus-indica*) es un fruto de la familia de las Cactáceas que posee gran diversidad de formas, tamaños y colores tales como el blanco, amarillo, rojo y púrpura; los cuales se deben a la combinación de pigmentos provenientes de las betalainas, el rojo-púrpura de las betaninas y el amarillo-naranja dado por las indicaxantinas. La tuna, se compone principalmente por agua, seguido de componentes como: azúcares, vitaminas, minerales, antioxidantes, pigmentos (betalainas, antocianinas, clorofilas, carotenoides) fibras insolubles como la celulosahemicelulosas y solubles, como las pectinas. Los compuestos fenólicos son abundantes en los alimentos y existe gran interés debido a sus propiedades antioxidantes, su participación en procesos sensoriales y aplicaciones benéficas en la salud humana, este último como tratamiento y prevención de algunos tipos de cáncer, enfermedades cardiovasculares y otras patologías de carácter inflamatorio. Los antioxidantes fenólicos son capaces de finalizar reacciones en cadena de radicales libres, a través de la rápida donación de un átomo de hidrógeno a un radical, además pueden actuar como quelantes de iones de metales de transición, los cuáles son potentes catalizadores de las reacciones oxidativas (Robards et al., 1999) Las investigaciones realizadas en las cáscaras de tuna recalcan su importancia como una fuente prometedora de antioxidantes y fibra, que al estar presentes en los residuos, no son aprovechados por la industria alimentaria o farmacéutica. La composición y concentración de los compuestos fenólicos en el fruto varía durante el desarrollo, maduración y/o almacenamiento postcosecha. En la mayoría de los casos la concentración de los compuestos fenólicos aumenta durante el desarrollo del fruto. Sin embargo, el patrón de cambio de los compuestos durante el desarrollo y maduración del fruto es muy variable y va a depender de la especie. Por otro lado uno de los síntomas inducidos por los daños por frío o almacenamiento a bajas temperaturas en los frutos, es la modificación del estado oxidativo de los tejidos. Para evitar estos daños, la célula ha desarrollado en las plantas captadoras de oxígeno o antioxidantes, vías metabólicas de detoxificación enzimática y mecanismos de reparación. Paralelamente a la producción de

especies reactivas de oxígeno, las plantas se protegen de los efectos del estrés mediante un sistema antioxidante complejo que incluye la síntesis de metabolitos antioxidantes (Casado et al. 2016). Pérez-Tello et al. (2001) atribuyen el aumento del contenido en compuestos fenólicos en frutos sensibles a los daños por frío cuando son sometidos a bajas temperaturas, aún incremento en la actividad PAL (primera ruta de síntesis de compuestos fenólicos) como consecuencia del daño. Otros estudios parecen indicar que el aumento de la actividad PAL durante el almacenamiento a bajas temperaturas, es un mecanismo de defensa frente a los daños por frío más que la causa (Lafuente et al., 2001) y que además está relacionado con la disminución de daños por frío en distintos frutos (Wang et al. 2007). Las porciones no comestibles de la tuna (semillas y cáscaras) han sido estudiadas para emplearlas como ingrediente adicional de productos elaborados a partir de la pulpa, siendo la cáscara la fracción que aporta mejor textura y sabor que las semillas. Tomando en cuenta lo anterior, en una tuna de 163 g (peso promedio de un tuna púrpura), se obtendrían aproximadamente 76.4 g de cáscara (46.9 % del peso del fruto), dando 32 g de fibra total (2), que permitirían cubrir más de la ingesta diaria recomendada (IDR) de fibra para una persona adulta, que es de 25 g/día), por lo que los desechos de la tuna son considerados una fuente de fibra de buena calidad, además de tener en su matriz gran cantidad de compuestos antioxidantes que se encuentran unidos a la estructura de la fibra. En los últimos años la producción y consumo de tuna ha ido en aumento, por lo que las cáscaras deben ser evaluadas para estudiar y conocer su potencial uso en la industria alimentaria, aportando propiedades nutricionales importantes.

## Objetivo

El objetivo del presente trabajo fue la caracterización de cáscara de tuna roja y verde, fresca y congelada, para conocer su potencial tecnológico en la elaboración de una salsa de tuna artesanal.

## Metodología experimental

### *Material biológico*

La materia prima que se empleó fue tuna roja y verde procedente del estado de Puebla; la cual se transportó al laboratorio de Postcosecha del Centro de Asimilación Tecnológica de las FESC-UNAM.

### **Pretratamiento de la muestra.**

Las tunas se seleccionaron, lavaron y se separaron la cáscara y la pulpa; posteriormente se almacenaron en bolsas de polietileno a  $-20^{\circ}\text{C}$ .

### **Contenido de Fenoles Totales**

La cantidad de compuestos fenólicos totales dentro de los extractos se determinó utilizando el reactivo Folin-Ciocalteu. Se agitaron 200  $\mu\text{l}$  de extracto fenólico con 1500  $\mu\text{l}$  de agua destiladas, 100  $\mu\text{l}$  de Folin-Ciocalteu y 200  $\mu\text{l}$  de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  y se dejó reposar 30 minutos para después leer la absorbancia de las muestras con ayuda de un espectrofotómetro UV/VIS (marca VELAB) a 765 nm usando concentraciones de ácido gálico que oscilaban entre los 0 y 1 mg/ml como estándar. El contenido total de compuestos fenólicos de los extractos se calculó a partir de la curva patrón. Los fenoles totales se expresaron en miligramos de ácido gálico por mililitro (mg GAE/ml).

### ***Evaluación de Actividad Antioxidante Equivalente de Trolox***

La capacidad antioxidante se evaluó utilizando el reactivo ABTS+, que es una solución azul verdosa que contiene radicales libres altamente estables. A 100  $\mu\text{l}$  de extracto se le agregaron 1900  $\mu\text{l}$  de solución ABTS+ y se leyó la absorbancia a 734 nm con ayuda de un espectrofotómetro UV/VIS (marca VELAB). Las lecturas se realizaron por triplicado, y por cada punto se usó un blanco de metanol al 80% (A0), y una solución de Trolox con concentraciones de 60 a 300  $\mu\text{M}$  como estándar. Se calculó el porcentaje de inhibición para cada solución estándar de Trolox con el fin de obtener una curva patrón y posteriormente hacer los cálculos requeridos para determinar la capacidad antioxidante. La actividad antioxidante se expresó en micro moles de Trolox por mililitro ( $\mu\text{moles de Trolox/ml}$ ) (Re et al., 1999).

### ***Elaboración de una salsa.***

La salsa de tuna artesanal se elaboró con la siguiente formulación: cebolla 13 %, chiles 9 %, pulpa de tuna 35 %, harina de cáscara de tuna 7 %, ácido cítrico 0.1 %, azúcar 1 %, y agua 34 %.

### ***Análisis sensorial***

Para el análisis sensorial utilizado para determinar la proporción de harina de cáscara para la elaboración de salsa de tuna artesanal, se implementó una prueba hedónica en escala de 1-5, en donde se evaluaron los parámetros de: olor, color, sabor y aceptabilidad a 30 panelistas calificados.

### ***Tratamientos estadísticos.***

Los resultados obtenidos se analizaron con un paquete estadístico IBM SPSS Statistics versión 20, donde se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y comparación de medias mediante pruebas de rango múltiple (Tukey y Duncan) aplicando un nivel de significancia del  $p \leq 0.05$ , para determinar si existe diferencia significativa entre los tratamientos de estudio.

## **Resultados y discusión**

Los ácidos fenólicos son abundantes en los alimentos y existe gran interés debido a sus propiedades antioxidantes, su participación en procesos sensoriales y aplicaciones benéficas en la salud humana. En la figura 1 se observa el efecto de la variedad de tuna en el contenido de compuestos fenólicos y el efecto de la congelación como método de conservación. La cáscara de tuna roja presentó 1.8 más de contenido de compuestos fenólicos que la cáscara procedente de tunas verdes, indicando que algunos de los compuestos fenólicos forman parte de los pigmentos de las variedades rojas, tales como las betalainas y antocianinas.

Por otra parte, se observó un efecto de las bajas temperaturas de almacenamiento en donde las cáscaras de tuna roja perdieron 1.6 veces los compuestos fenólicos presentes. En cambio, las cáscaras de tuna verde no perdieron estos compuestos. Lo que indica que la congelación afecta el contenido de compuestos fenólicos, y que para el uso de estos subproductos se requiere la deshidratación inmediata y su aplicación.

Pérez-Tello et al. (2001) explican que durante la congelación puede desarrollar unas series de reacciones relacionadas al estrés oxidativo generado en las células vegetales de los frutos, que con lleva a la síntesis de estos compuestos antioxidantes, pero que a la vez la concentración o síntesis, puede variar dependiendo la especie y/o almacenamiento postcosecha del fruto. Por otro lado, haciendo un énfasis en la comparación de las 2 diferentes variedades de tuna, se puede notar que la concentración de compuestos fenólicos en la cáscara de tuna roja, fueron más que los presentes en la cáscara de tuna verde.

En la figura 2, se observa que la variedad de tuna presentó un efecto significativo en la capacidad antioxidante, registrándose un 33% más en la harina obtenida de las cáscaras de tuna roja que en la verde. La tuna roja contiene diversos compuestos químicos como los flavonoides, vitamina E, vitamina C, vitamina A, carotenoides y algunos minerales que pueden llevar a cabo reacciones en el organismo, evitan la oxidación de sustancias que puedan provocar alteraciones fisiológicas, facilitando el uso fisiológico del oxígeno por parte de las mitocondrias para reducir los efectos del estrés oxidativo. Siendo la tuna una opción rica en compuestos antioxidantes como las betaninas y beta-xantinas, ácido ascórbico y compuestos fenólicos que actúan como agente antirradical. En el caso de la conservación por congelación, se encontró que la capacidad antioxidante de la cáscara de tuna roja disminuyó 31% con respecto a la cáscara en fresco. Sin embargo, las harinas obtenidas de las cáscaras de tuna verde presentaron una capacidad antioxidante de 263  $\mu\text{mol Trolox/g}$  de muestra en fresco y 285  $\mu\text{mol Trolox/g}$  de muestra congeladas; sin presentar un efecto significativo.

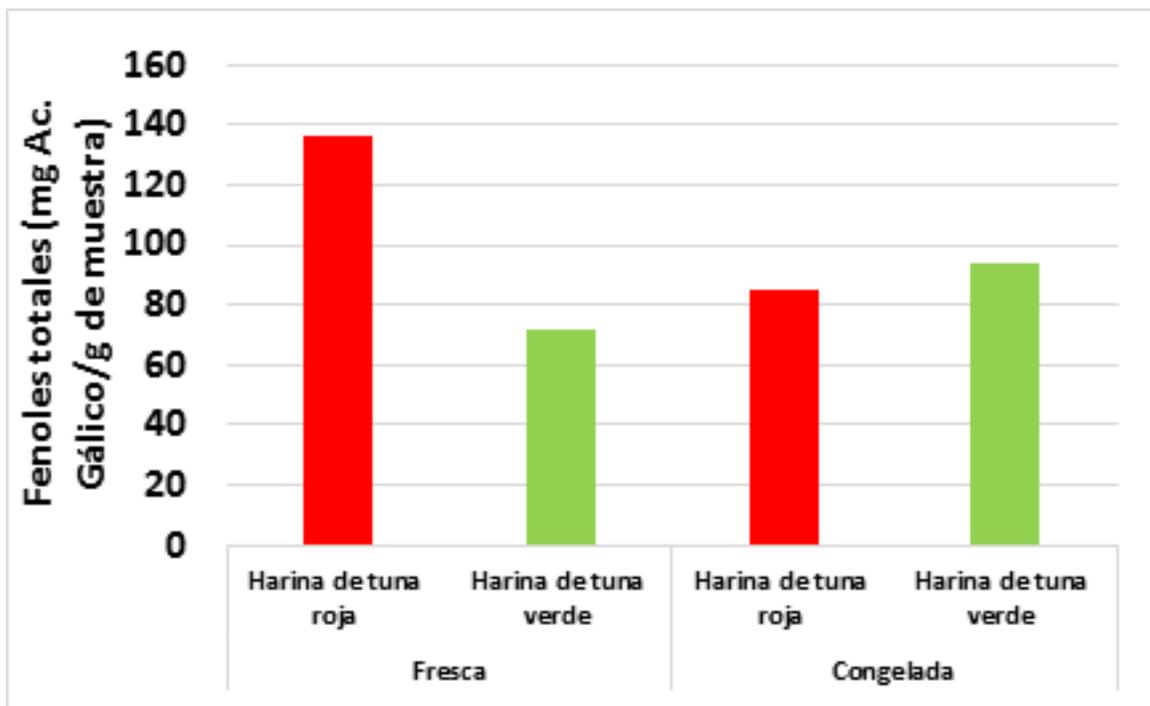


Figura 1. Compuestos fenólicos en harina de cáscara roja y verde, congelada y fresca

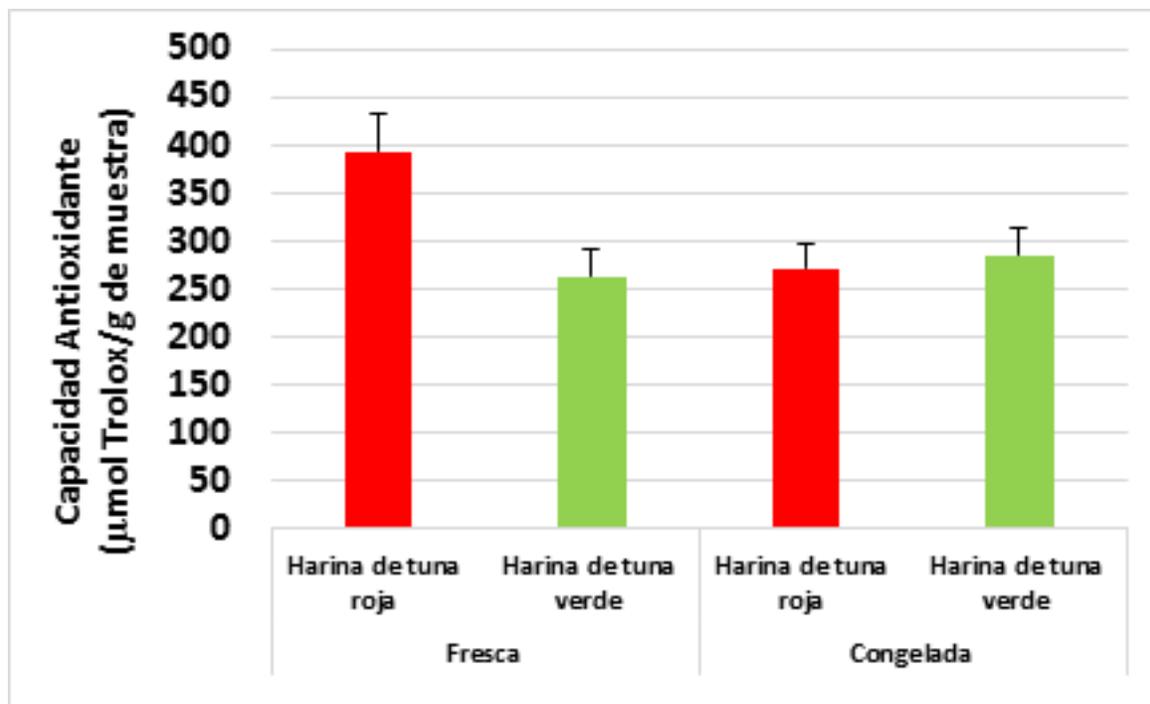


Figura 2. Capacidad antioxidante en harina de cáscara roja y verde, congelada y fresca.

Una vez caracterizadas las harinas obtenidas de las cáscaras de tuna, se procedió a la elaboración de una salsa artesanal a base de pulpa y cáscara de tuna roja, y fue evaluada sensorialmente para establecer el porcentaje de harina que no afectará la aceptabilidad del producto.

En la figura 3 se muestran las evaluaciones del análisis sensorial aplicado a la salsa elaborada con la harina de cáscara y pulpa de tuna roja, se encontró que no hubo diferencias significativas en cuanto a los parámetros evaluados de: color, olor, sabor y aceptabilidad. De acuerdo a los resultados se seleccionó la formulación de salsa que estuvo adicionada con un mayor porcentaje de harina de cáscara de tuna ya que la calidad nutritiva del producto sería mayor, por la cantidad de compuestos antioxidantes y fibra que fue adicionada con la cáscara de tuna roja.

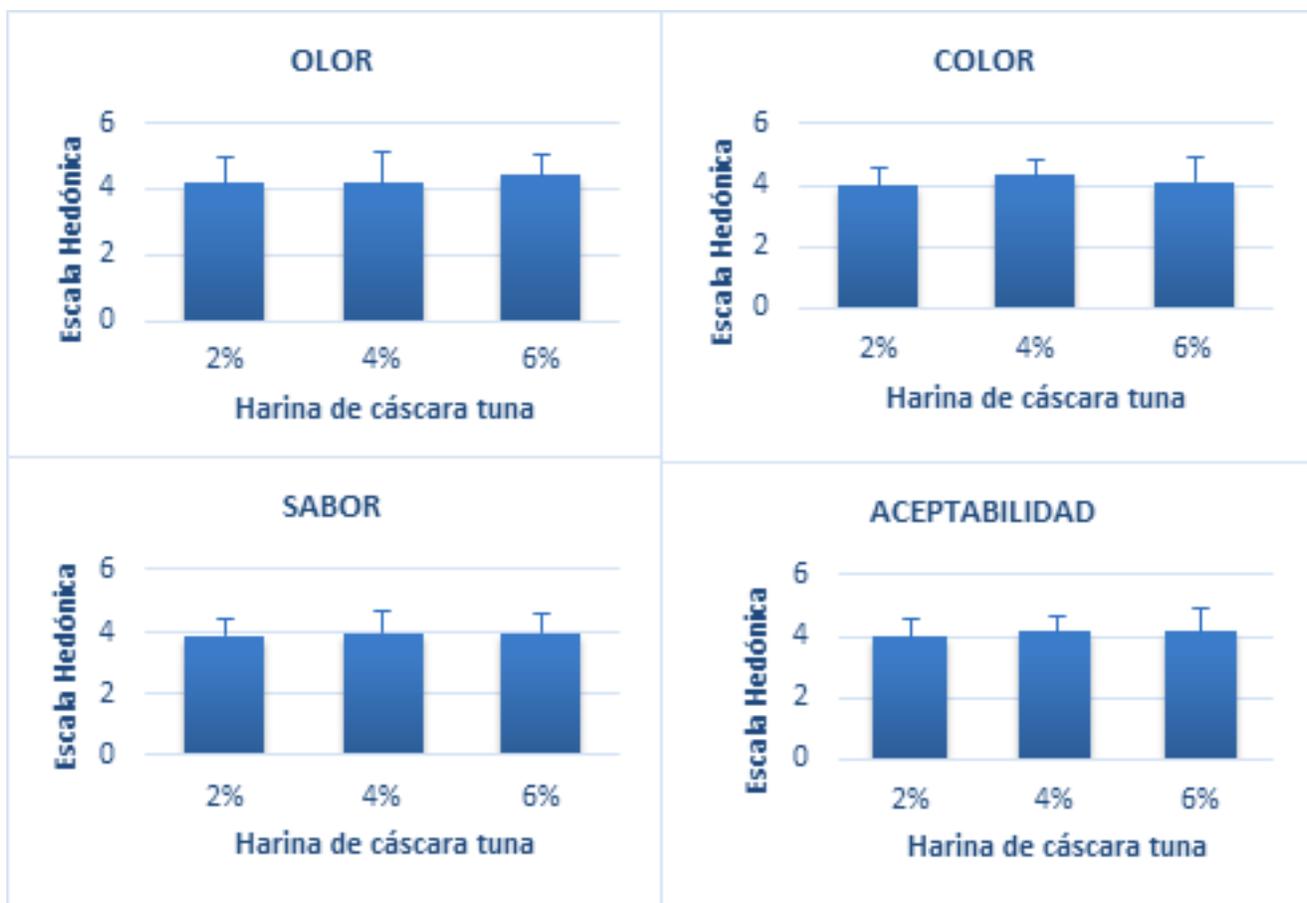


Figura 3. Atributos sensoriales de salsa de tuna adicionada de diferentes porcentajes de harina de cáscara de tuna.

## Conclusiones

Con base en los resultados obtenidos se puede considerar que las cáscaras de tuna son subproductos con alto potencial tecnológico para su aplicación dentro de la industria alimentaria, siendo la cáscara de tuna roja, aquella que presentó una mayor concentración de compuestos bioactivos. La concentración de compuestos, como las Betalainas (pigmentación dominante) y los compuestos fenólicos en la cáscara de tuna roja presentaron un efecto antioxidante mayor que las cáscaras de tuna verde. Es evidente el efecto del almacenamiento a bajas temperaturas y por tiempos prolongados sobre la composición de compuestos fenólicos y por la tanto, en la capacidad antioxidante. La cáscara de tuna (harinas) puede mejorar la percepción sensorial en un producto como la salsa a mayor concentración y por lo tanto una mejor calidad nutritiva.

## Agradecimientos

Un agradecimiento muy especial a la UNAM-DGAPA por el financiamiento del proyecto Aplicación de tratamientos de ultrasonido, campos eléctricos y cocción solar en el procesamiento de productos hortofrutícolas típicos de México (PAPIIT IT202419).



## Referencias

- Casado, M. (2016) tratamientos poscosecha para el control de los daños por frío en frutos climatéricos y no climatéricos. Murcia, España. 126-136.
- Lafuente, M.T., Zacarias, L., M. A. Martínez-Téllez, M. T. Sanchez-Ballesta, and E. Dupille (2001). Phenylalanine Ammonia-lyase As Related to Ethylene in the Development of Chilling Symptoms during Cold Storage of Citrus Fruits *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (12), 6020-6025  
DOI: 10.1021/jf010790b
- Manzur, S. (2017) capacidad antioxidante y propiedad funcional de la fibra de cascara de tuna (*Opuntia-ficus indica*) ultrasónica para la elaboración de una gelatina. Instituto de ciencias de la salud, hidalgo: México. 25-28
- Pérez-Tello, G.O, Sílvia-Espinoza, B.A, Martínez-Téllez, M.A (2001). Effect of temperture on enzymatic and physiological factors related to chilling injury in carambola fruit. *Biochemical and biophysical research communications*. 287. 846-851.
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M. y Rice-Evans C (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Rad. Biol. Med*, (26), 1231-1237.
- Robards, K, Tucker, G., Glover, W. (1999) Phenolic compounds and their role in oxidative process in fruit. *Food. Chem.* 66: 401-436
- Wang, SY., Ballington, JR. (2007) Free radical scavenging and antioxidant enzyme activity in deer berry. *LWT*,40: 1352-1361

# DESHIDRATACIÓN OSMÓTICA DE MELÓN Y CHAYOTE



*Mayra Janneth Cano Román, Evelyn García Retana, Alejandra Hernández Martínez, Mariely Guadalupe Mares Villa, Xavier Sebastián Vilchis Fonseca, Julieta González Sánchez, María Elena Vargas Ugalde\**

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[mayra.cano1@gmail.com](mailto:mayra.cano1@gmail.com), [mevargasu@gmail.com](mailto:mevargasu@gmail.com)*



## Resumen

La deshidratación osmótica es un tratamiento no térmico, que permite reducir el contenido de humedad de alimentos e incrementar el contenido de sólidos solubles para extender su vida útil y mantener características sensoriales, funcionales y nutricionales. El producto obtenido no es estable para conservarlo, aunque después de secarlo con aire caliente, se obtiene una buena calidad organoléptica. Es posible lograr una deshidratación parcial del alimento (50-60 % base húmeda), mediante su inmersión en soluciones acuosas concentradas en solutos con elevada presión osmótica y baja actividad de agua.

Se encontró que el chayote tratado a 60 °C presenta la mayor pérdida de masa y migración de soluto con una energía de activación menor, lo que disminuye costos energéticos a escala industrial. Los cambios de color no afectaron negativamente las características organolépticas; la apariencia general del producto fue aceptable. El crecimiento microbiano no se retrasó, indicando la necesidad de un post-tratamiento.

**Palabras clave:** Deshidratación osmótica, transferencia de masa, Ley de Fick, coeficiente de difusión efectiva, color.

## Antecedentes

Gómez-Daza (2014) define a la deshidratación osmótica (DO) como una operación que provoca la eliminación del agua de un alimento al sumergirlo en una solución de alta concentración. De acuerdo con Arias, et al (2017), esto se debe a que el agua del producto se difunde a través de las membranas semipermeables, hacia el medio que le rodea (solución hipertónica) con el fin de establecer el equilibrio. En forma simultánea, ocurre la difusión del soluto de la solución osmótica hacia el alimento, ésta ocurre en menor proporción debido a la selectividad de la membrana. Los términos más importantes en la cinética de deshidratación son la pérdida de agua (WL), pérdida de peso (PL) y la ganancia de sólidos (SG), los cuales ayudan a evaluar la velocidad de deshidratación o de transferencia de agua de la fruta a la disolución osmótica. Lennart & Flink (1984), indicaron que las variables que afectan dicho fenómeno son las características de la materia prima, concentración del agente osmótico, temperatura, agitación, tiempos de tratamiento y presión. Diversos trabajos han demostrado (Corzo, 2018; Casillas, 2019), que los intercambios de masa aumentan al incrementarse la temperatura ya que modifican las características del tejido, favorecen la impregnación y la ganancia de sólidos. De igual forma se ha comprobado que a mayor concentración de soluto en la solución osmótica mayor será la diferencia de presión osmótica, lo cual aumentará la velocidad de salida de agua del producto. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que valores de temperatura y concentración elevadas podrían traer efectos perjudiciales al producto. Por ello, en este proyecto se decidió analizar el efecto de la temperatura y la concentración del agente osmótico en productos frutihortícolas con la finalidad de conocer las mejores condiciones de proceso en la DO.

## Objetivo(s)

Evaluar la influencia de la temperatura de la solución osmótica y la composición del alimento en la pérdida de humedad, ganancia de sólidos y calidad de cilindros de

chayote y melón, mediante la resolución del modelo de Crank, para predecir la cinética de la DO, así como la medición de color para seleccionar las condiciones que conserven mejor las características físicas y la aplicación de un balance de materia para comprobar el principio de conservación de la materia en la DO.

## Metodología

Se utilizaron los siguientes materiales e instrumentos: termómetro Polder, báscula digital Pocket Scale, refractómetro Hand Held Refractometer, teléfono celular iPhone 8 con la aplicación Colorimeter RGB, recipientes, papel absorbente, temporizador, taza medidora, descorazonador, así como sacarosa, chayote y melón adquiridos en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Se preparó una solución a una concentración de 50 °Brix, añadiendo 500 mL de agua en un recipiente junto con la sacarosa en una proporción del 50% m/v (250 g). Posteriormente se retiró la cáscara del alimento (melón o chayote) para cortarlo en forma de cilindros con el descorazonador hasta obtener 9 muestras por alimento; una vez obtenidas se pesó cada una de las muestras por separado.

Después se colocó la muestra en un recipiente junto con la solución al 50% (m/v), realizando 3 réplicas para cada alimento. Simultáneamente se inició el conteo en el temporizador; transcurridos 5 minutos se retiraron las 3 muestras de los recipientes y se registró el peso en gramos con la báscula digital. Este procedimiento se repitió a los 15, 30, 60, 90 y 120 minutos para cada una de las temperaturas de trabajo (20, 40 y 60°C). Se empleó el modelo de Crank para obtener las gráficas de pérdida de agua y ganancia de sólidos en la DO y la Ley de Fick para cilindros para determinar los coeficientes de difusión para agua.

## Resultados y discusión

En las Figuras 1 y 2, se observa que la pérdida de agua es mayor que la ganancia de sólidos. En ambos alimentos se encontró que a temperatura ambiente la migración de sólidos fue muy baja. El incremento de la temperatura aumenta la permeabilidad produciendo una mayor velocidad de deshidratación, lo anterior puede deberse a una mayor movilidad de las moléculas y a la pérdida de la selectividad de la membrana, la cual permite un mayor intercambio de agua que sale de la fruta así como un mayor ingreso

de sólidos. Los resultados son acordes a lo encontrado por Moy et al., (1978), quien indica que la ganancia de solutos tiene menor afectación que la pérdida de agua por la temperatura ya que a altas temperaturas el soluto no puede difundirse tan fácilmente como el agua a través de la membrana celular de los tejidos del producto. Por otra parte, Suca (2007) expresa que las temperaturas cercanas a 60 °C pueden inducir una ligera degradación de los tejidos, lo cual favorece la incorporación de solutos al tejido, esto explicaría los valores más elevados de sólidos ganados en dicha temperatura.

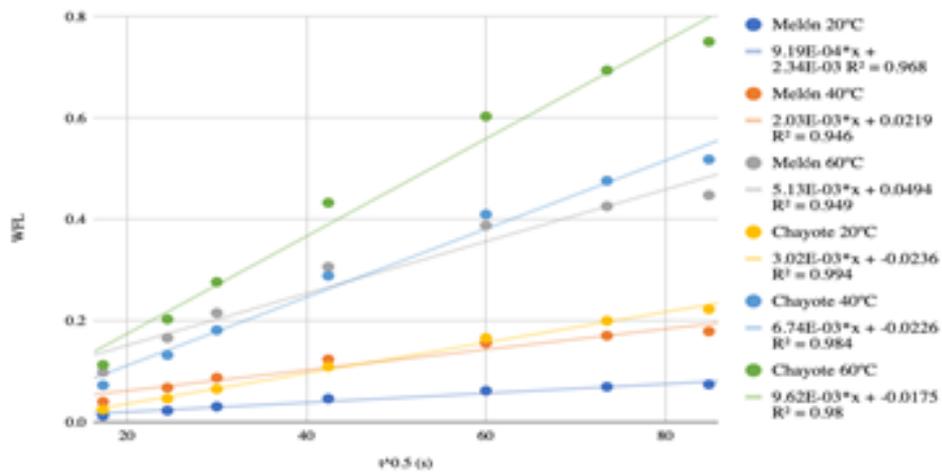


Figura 1. Pérdida de agua en DO de cilindros de chayote y melón.

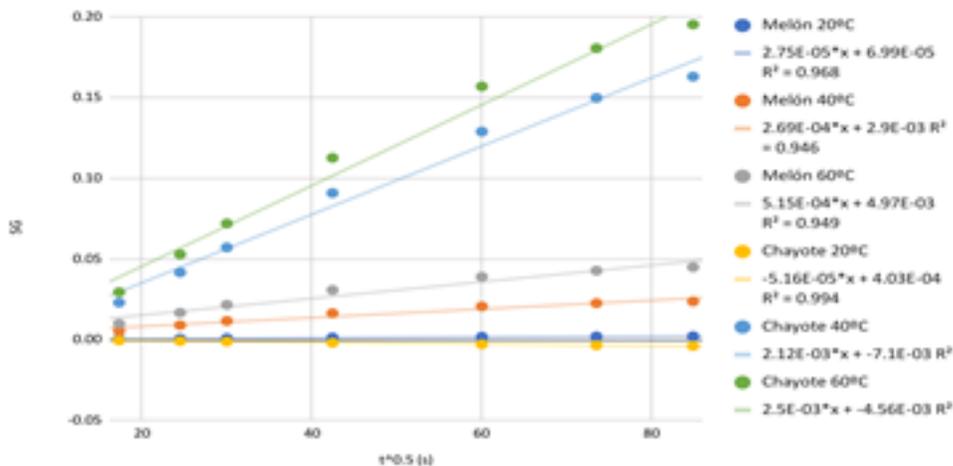


Figura 2. Ganancia de sólidos en DO en cilindros de chayote y melón.

En la Tabla 1 se observa que el chayote alcanzó valores de difusividad superiores al melón, debido a las diferencias de concentración de sólidos, de presión osmótica en la membrana del chayote y de la porosidad. Esto afecta a los mecanismos de transporte involucrados en la deshidratación osmótica; cuanto mayor sea la porosidad mayor es la ganancia de sólidos, por lo que la difusividad efectiva será mayor, permitiendo el paso de agua hacia la solución (Lenart & Flink, 1984).

Tabla 1. Datos comparativos de la difusividad efectiva para agua durante la deshidratación osmótica de cilindros de chayote y melón a 20, 40 y 60°C

$T(0C)$	$De (m2/s \times 108)$ chayote	$De (m2/s \times 108)$ melón
20	9.0	8.8
40	10.2	10.0
60	10.4	10.2

Los valores obtenidos son del orden de magnitud encontrado por Gómez-Daza (2014). Se puede comprobar el efecto de la temperatura en la deshidratación osmótica mediante la Ley de Arrhenius. A mayor temperatura se tiene una mayor velocidad de transferencia.

Al realizar los balances de materia, se observó que tanto el chayote como el melón cumplen el principio de conservación de la masa en el sistema. (Gómez-Daza, 2014). Esto se explica debido al efecto neto de los flujos de salida de agua y ganancia de sólidos, donde se han identificado dos etapas en la DO: (Campos & Flores, 2012).

1. Deshidratación: la pérdida de agua es mayor que la ganancia de sólidos.
2. Impregnación: se obtiene una ganancia de sólidos mayores a la pérdida de agua. La masa total del sólido aumenta con el tiempo.

En muchos casos, la deshidratación afecta también al color por los cambios químicos que se producen en las clorofilas, carotenoides y otros pigmentos como antocianinas, betalainas, etc. Por lo general, cuanto más largo es el proceso de deshidratación y más elevada la temperatura, mayores son las pérdidas en estos pigmentos (Talens, et al. 2001). El chayote tiene como pigmento mayoritario la clorofila, cuyo componente podría considerarse ligeramente termorresistente, ya que su degradación se acelera a temperaturas superiores a los 75 °C. En el melón, los pigmentos mayoritarios son los

carotenoides, con características termolábiles, ya que se ha observado que a temperaturas por arriba de 40 °C existe una mayor degradación de dicho componente. Esto explicaría los resultados de la Figura 3, donde el melón a 60 °C muestra los mayores cambios de color.

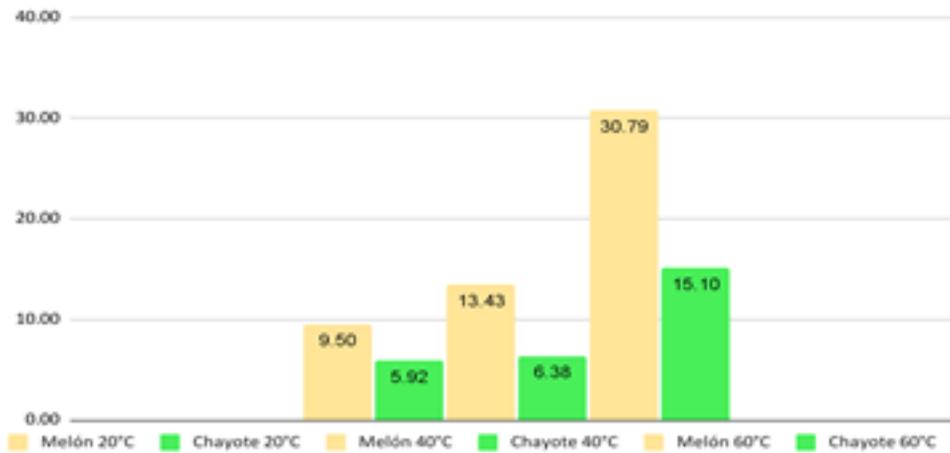


Figura 3. Cambios de color en DO de cilindros de melón y chayote a 20, 40 y 60°C

## Conclusiones

El chayote deshidratado a 60 °C presenta la mayor pérdida de masa y migración de soluto, lo que puede disminuir costos energéticos a escala industrial. Se obtuvieron valores de coeficientes de difusión similares a los reportados en la literatura. El modelo de Crank describió en forma adecuada la deshidratación osmótica de chayote y melón. Los E a pesar de ser altos no afectan negativamente la apariencia general de los productos. Se requiere un tratamiento posterior a la DO para inhibir la presencia de microorganismos.

## Agradecimientos

Se agradece el apoyo financiero de los proyectos DGAPA PAPIME PE213020 y PIAPI FESC 2057.



## Referencias

- Arias, L. (2017). Cinética de la Transferencia de Masa en la Deshidratación Osmótica de Mango (*Mangifera indica* L.) var. Tommy Atkins en Función de la Temperatura. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642017000300006](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000300006)
- Campos, O. A. & Flores T.D, (2012) Deshidratación osmótica de placas de chayote (*sechium edule*) utilizando soluciones hipertónicas de cloruro de sodio y sacarosa. Disponible en: <https://docplayer.es/25136230-Universidad-veracruzana.html>
- Casillas, M. (2019) Diseño del proceso de deshidratación osmótica para Cidrayota (*Sechium edule*) de la variedad *virens levis*. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30559/1/AL%20725.pdf>
- Corzo, O. (2008). Aplicación del modelo de Peleg en el estudio de la transferencia de masa durante la deshidratación osmótica de láminas de mamey (*Mammea americana* L.). Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4277/427739437013.pdf>
- Gómez-Daza, L.(2014). Análisis de la deshidratación osmótica de melón (*Cucumis melo*). UGCiencia 20. 72-78. Disponible en: <https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/download/316/581/>
- Lenart, A., & Flink, J. (1984). Osmotic Concentration of potatoes & Spatial Distribution of the Osmotic Effects. *Journal of Food Technology*. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1984.tb00327.x>
- Moy J., Lau N., Dollar A. 1978. Effects of sucrose and acids on osmotic-dehydration of tropical fruits. *J. Food Proc. Preserv.*, 2, 131. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.1978.tb00553.x>
- Suca A. C. A. 2007. Deshidratación Osmótica de Alimentos. *Boletín de Divulgación Tecnológica Agroindustrial* v:1 9. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/23578875/Boletin-de-Osmodeshidratacion>.
- Taens, P., Martínez-Navarrete, N., Fito, P. & Chiralt, A. (2001). Changes in optical and mechanical properties during osmodehydrofreezing of kiwi fruit. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 3 pp. 191-199. Disponible en: [https://www.academia.edu/24075772/Changes\\_in\\_optical\\_and\\_mechanical\\_properties\\_during\\_osmodehydrofreezing\\_of\\_kiwi\\_fruit](https://www.academia.edu/24075772/Changes_in_optical_and_mechanical_properties_during_osmodehydrofreezing_of_kiwi_fruit)

# ESTUDIO DE CONSUMO DE QUESOS MANCHEGO PRODUCIDOS A NIVEL NACIONAL



*Luis Gutiérrez Reyes<sup>1</sup>, Alma Adela Lira Vargas\*<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad nacional Autónoma de México.  
[luis20gtz@gmail.com](mailto:luis20gtz@gmail.com)*



## Resumen

El objetivo fue realizar un estudio de mercado y análisis de ingredientes de algunos quesos manchegos producidos a nivel nacional mediante encuestas on-line para conocer los hábitos de consumo y compra de los consumidores. Como resultado, se destacó que de 250 personas encuestadas el 88.4% consume queso y que el 55.2% es de tipo manchego, el 44% de los participantes consume de vez en cuando este producto, el 33.6% lo adquiere por la marca del producto, siendo la marca Noche Buena la más consumida por los encuestados en un 27%. Los consumidores consideran como principal característica de compra el sabor, la calidad y la capacidad de derretimiento, también mencionan que invierten de \$30-50 para su adquisición. El 49.2% de los encuestados mencionaron que el nuevo etiquetado no ha influido en su compra, el 64.4% dice que lee las etiquetas para informarse pero que las ignora, el 59.2% no está muy informado de los ingredientes que contiene, pero que le gustaría saber y el 66.4% no sabe de las adulteraciones que puede tener el queso tipo manchego.

**Palabras clave:** Producto lácteo, queso manchego, calidad, estudio de mercado, ingredientes

## Antecedentes

El origen real del queso es incierto, se conocen registros de hace más de seis mil años a.C., sobre su elaboración y consumo, siendo la sumeria y la egipcia, las civilizaciones con los registros más antiguos de elaboración de queso en el mundo. Otros registros fantásticos que se conocen sobre el queso incluyen menciones en la Biblia cristiana, así como dentro de la mitología griega, y así extenderse por todo el mundo (Hernández, 2017).

La elaboración de queso es seguramente la forma más antigua de procesado de la leche. La producción de leche siempre va unida al intento del hombre por conservar, la tan valiosa y a la vez deteriorable proteína de la leche (Spreer y Dignoes 2000). El queso constituye una forma ancestral de conservación de las proteínas y de la materia grasa, así como de una parte del calcio y del fósforo, cuyas cualidades nutritivas y organolépticas son apreciadas por el hombre en casi todas las regiones del mundo (Mahaut et al., 2003).

Durante los últimos años México es uno de los mayores consumidores de este derivado lácteo en América (un poco por debajo de EUA, Canadá, Argentina y Chile), y aunque no le llegamos ni a los talones a los franceses, quienes consumen 25.9 kilogramos anuales per cápita, si consumimos la digna cantidad de 3.8 kilogramos anuales, una cifra perfectamente proporcional a nuestra joven historia dentro del mundo del queso (Hernández, 2017).

En México un hogar promedio destina 29.4% de su gasto a la adquisición de alimentos, bebidas y tabaco; de ese total, 9.52% corresponde a la compra de productos lácteos, del cual el 24% se destina al consumo de quesos (CANILEC, 2020). El consumo de queso es muy elevado, esto se debe a la gran variedad de quesos alrededor de más de 30 como son el panela, añejo, oaxaca, cotija, blanco, doble crema, parmesano, manchego, etc. de diferentes marcas productoras de queso (CANILEC, 2020).

El queso manchego, es un queso español elaborado con leche de oveja de raza manchega y protegido por una denominación de origen en La Mancha. El queso

manchego ha sido un alimento sumamente importante de consumo ya que contiene proteínas (25-35%), lípidos (16-40%), carbohidratos, minerales y vitaminas una cantidad lo suficientemente grande como para cubrir por completo las necesidades diarias tenemos el calcio, ya sea libre ó ligado, y después cubriendo al menos el 50% de las necesidades diarias tenemos el fósforo (Badui, 2006).

El uso principal que se le da a este producto es para consumo, ya sea solo, en ensaladas, con pasta, en pizza, banderillas en fin en innumerables recetas. Actualmente en el mercado se encuentra una gran gama de queso manchego y este puede ser ya sea tipo manchego, imitación, queso procesado, y aunque muchos consumidores no logran entender la diferencia entre ellos esto causa una mala degustación para ellos ya que las propiedades organolépticas y funcionales del queso manchego no logran satisfacer al 100% a consumidores potenciales puesto que muchos de los ingredientes que forman parte de todos los quesos son diferentes en cada uno de ellos (PROFECO, 2020).

## Objetivo

Realizar un estudio de mercado de quesos manchegos producidos a nivel nacional mediante encuestas on-line para conocer los hábitos de consumo y compra de los consumidores con respecto a este tipo de productos.

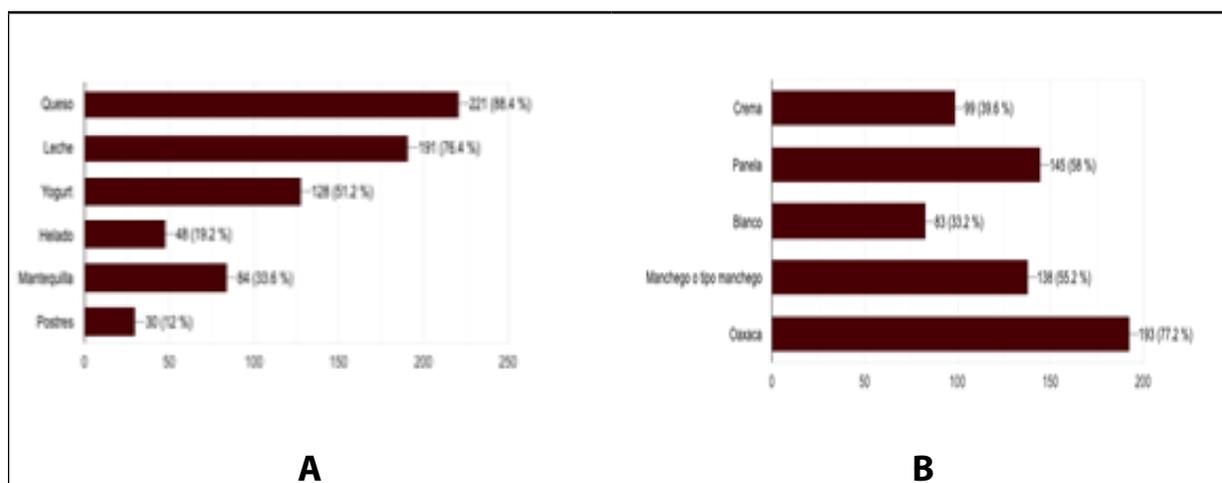
## Método

**Investigación de mercado:** Se realizó mediante la recopilación sistemática, registro y análisis de datos de un sector del mercado para poder tomar decisiones dentro del campo de la mercadotecnia estratégica y operativa, para lo que se compartió un cuestionario de mercado y consumo en la plataforma “Google Forms” (<https://docs.google.com/forms/d/1n7PuFu5QxUcyTa8roei1a940GYecMWNbsB3wDAkVA48/edit>) y se difundió mediante redes sociales (Kotler, 2008).

## Resultados y discusión

### *Análisis del consumo de derivados lácteos y tipo de queso*

La figura 1A representa el consumo de derivados lácteos de los encuestados, donde se puede observar que de los 250 encuestados más del 88% son consumidores potenciales de queso ya que este estuvo dentro de sus 3 elecciones, donde 221 personas han elegido queso como un derivado lácteo que más consumen lo que representa un 88.4% del total de la muestra, seguido de 191 personas (76.4%) que consumen leche, 128 personas (51.2%) que consumen yogurt y en menor elección se obtuvo que los postres solo 30 personas (12%) dicen consumirlos.



**Figura 1.** Preferencia de consumo de participantes en encuesta On-line.

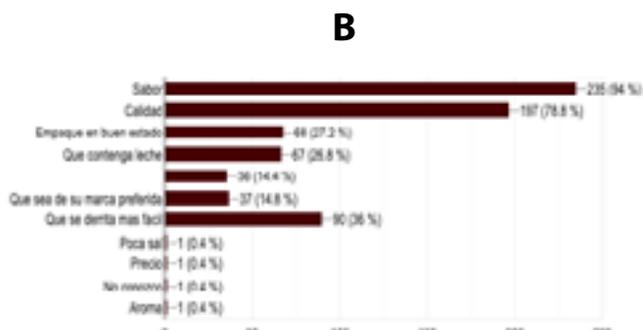
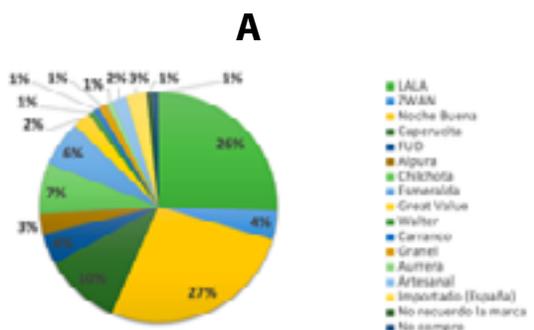
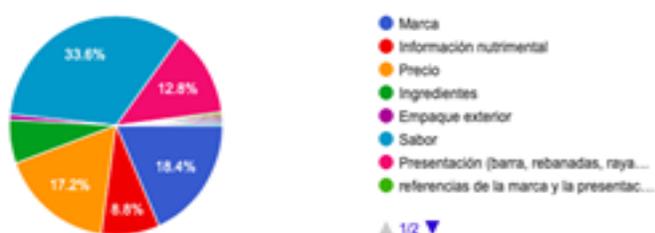
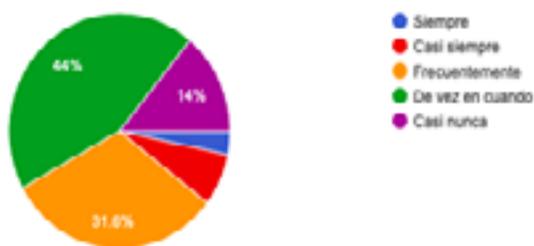
A) Derivados lácteos, B) Tipos de queso.

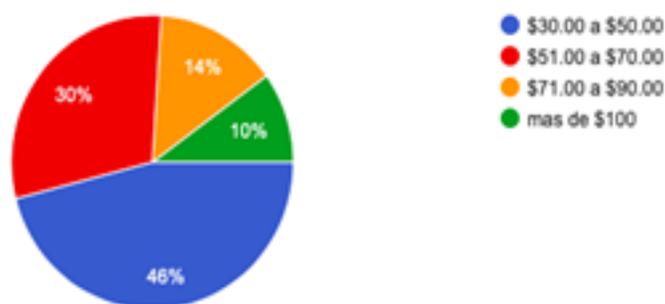
En la figura 1B se puede observar que, de las 250 personas, 193 han elegido dentro de sus tres opciones al queso Oaxaca el cual representa un 77.2% de la muestra total, seguido de 145 personas (58.2%) que eligieron queso panela y muy cercano a este se encuentra el queso manchego donde 138 personas (55.2%) lo incluyen en sus tres tipos de queso que más consumen. En cuanto al queso crema y queso blanco, ambas estuvieron casi a la par con 99 personas (39.6%) y 83 personas (33.2%) que eligieron este tipo de queso respectivamente.

*Análisis del consumo frecuente del queso tipo manchego*

Teniendo en cuenta que el queso tipo manchego es uno de los 5 quesos más consumidos de acuerdo con la encuesta, en la figura 2A se observa con qué frecuencia los encuestados consumen el queso tipo manchego el cual solo un 3.2%, es decir, 8 personas consumen a diario queso tipo manchego, sin en cambio un 44% dicen consumirlo de vez en cuando, lo que significa que de las personas encuestadas no acostumbran a consumirlo con frecuencia, a pesar de que, si lo consumen, lo hacen de una forma moderada, pero existe también un 14% que dice consumirlo casi nunca, ese porcentaje puede ser aquellos que no eligieron al queso tipo manchego como un tipo de queso que consumen.

La elección de un producto por un consumidor es dependiente de sus gustos, intereses y/o preferencias ya que es quien define qué producto comprar, la figura 2B nos indica algunas características por las que el consumidor se fija primero en la elección del queso tipo manchego que compra lo hace por la marca (33.6%), ya que muchos de los consumidores independiente del producto están casados con cierta marca ya que confían en su prestigio y ya conocen lo que están comprando, el 18.4% en función de su sabor y el 17.2% de los encuestados adquiere el producto en función de su precio.





E

**Figura 2.** Consumo de queso tipo manchego. A) Frecuencia del consumo. B) Motivos para elegir el queso tipo manchego. C) Preferencia de las marcas de queso tipo manchego. D) Características más valiosas o importantes que debe contener un queso tipo manchego. E) Monto en la compra para adquisición de queso tipo manchego.

Como ya se mencionó, la marca es una característica fundamental en la elección del queso tipo manchego, algunas de las marcas nacionales que se colocaron en la encuesta se pueden apreciar en la figura 2C, de las cuales destacan marcas como Noche Buena y LALA, estas representan el 27% y 26% de la muestra total respectivamente. Algunos encuestados agregaron algunas marcas que no estaban en el listado, como: quesos artesanales e importados de España.

El consumo de queso manchego de otros países se presentó en el 2% de los encuestados. La exportación de queso manchego ha registrado un incremento del 4,6% en 2020, cuando se vendieron al exterior más de 11,7 millones de kilogramos frente a los 11,2 millones de kilogramos exportados en 2019. En concreto, se ha exportado el 69.2% del total elaborado, mientras que el pasado año esta cifra se situó en el 67.3%, según los datos del Consejo Regulador de la DO Queso Manchego (FinancialFood, 2021).

Los encuestados también nos dijeron cuáles son las características más valiosas o importantes que debe tener un queso tipo manchego para que ellos decidan consumir, la figura 2D se observa que uno de los atributos más votado con un 95% de la muestra total es el sabor seguido de buenos estándares de calidad con un 78.8%. Algunas personas agregaron también que entre las características que debe tener el queso que va a consumir es el aroma, que contenga poca sal y en el precio. La percepción de los consumidores sobre un producto o marca depende de varios factores: el conocimiento previo, las expectativas y la información que se deriva de los diferentes estímulos que recibe cada individuo.

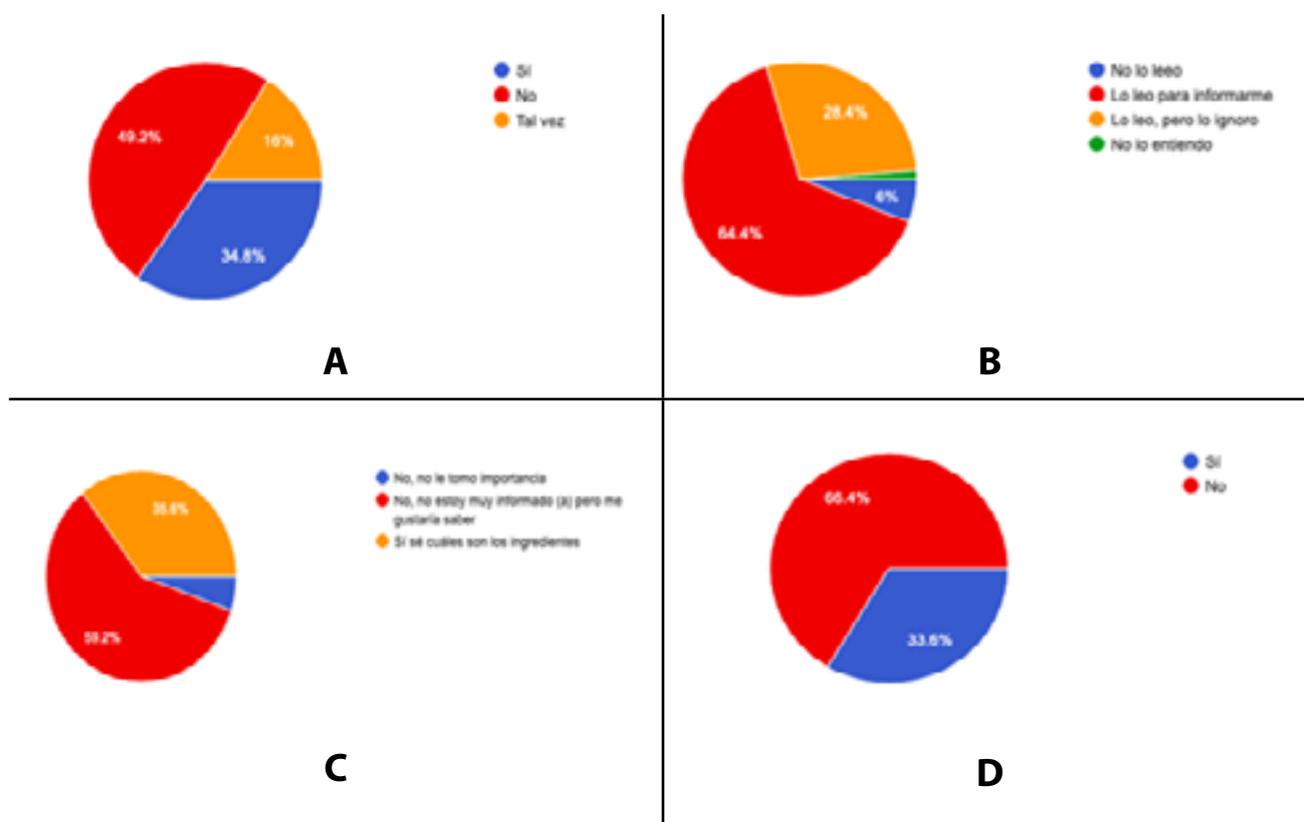
La figura 2E muestra lo que gastan los encuestados en la compra de queso tipo manchego donde un 46% de la muestra total dice gasta de \$30 a \$50, un 30% gasta de \$51 a \$70, un 14% gasta de \$71 a \$90 y el resto representa un 10% que gasta más de \$100. El funcionamiento normal del cerebro cambia según el estado de ánimo subyacente y, por lo tanto, las decisiones racionales de las personas pueden verse notoriamente afectadas por los sentimientos. Convertir sensaciones en emociones y, si puede ser, en sentimientos (que animan a repetir la compra de un determinado producto) es el objetivo último del marketing sensorial. Sabemos que el origen (como garantía de calidad), el aspecto general y el color son claves a la hora de comprar. Pero el olor y el sabor lo son para repetir compras y en la construcción de expectativas, satisfacción y mecanismos (López, 2021).

### **Análisis ámbitos de salud**

El 1 de octubre del año 2020 la nueva Norma Oficial Mexicana 051, premiada por Naciones Unidas y la Organización Mundial de la Salud (OMS) fue emitida y entro en rigor, esta combatirá con advertencias frontales en envases la epidemia de obesidad de México con etiquetas en forma de octágonos negros que alertan sobre “exceso de calorías” u otras sustancias como azúcares, sodio y grasas, y la presencia de edulcorantes y en la figura 3A nos muestra que tanto influye el nuevo etiquetado a la hora de la compra de queso tipo manchego, el 42.2% de los encuestados mencionan que no tiene influencia, mientras que el 34.8% dicen que, si tiene influencia en la elección del queso, el 16% muestran una intriga al momento de adquirirlo.

En la figura 3B se observa que tanto leen o hacen caso a los nuevos sellos que indican el exceso de ingredientes, donde se puede observar que el 64.4% los lee para informarse de su contenido en exceso, mientras que solo el 6% no los lee y el 28.4 los lee, pero ignora la advertencia que nos indican estos sellos. Un estudio del nuevo etiquetado en consumidores que fue publicado durante el primer mes que entró en rigor esta norma por el periódico local Reforma y por la revista Forbes México, menciona que el 37% de los encuestados dijo revisar siempre o la mayoría de las veces el etiquetado de los alimentos y bebidas antes de adquirirlos, aunque el 35% contestó que rara vez o nunca lo hace. También el 50% aseguró que esta manera de presentar las características de los productos le ayuda más a tomar una decisión de compra, por un 25% que no considera este etiquetado de mayor ayuda para decantarse por un alimento u otro (Forbes Staff, 2020).

Es importante que siempre leas la etiqueta del producto alimentario que estés consumiendo, esto permitirá que tus elecciones sean las mejores. Ya que esa es la función de la etiqueta, decirte que estás comiendo para que tú decidas si comerlo o no. En contenido nutrimental el queso Manchego tiene un mayor aporte de grasa 39 g/100g producto y por ello mayor energía 451 kcal/100g producto, en comparación con el queso tipo Manchego con aporte de grasa 30g/100g producto y por ello mayor energía 365 kcal/100g producto.



**Figura 9.** Etiquetado de queso tipo manchego. A) Influencia del nuevo etiquetado para la elección de queso tipo manchego. B) Conocimiento de los sellos de exceso del nuevo etiquetado en el queso tipo manchego. C) Conocimiento de ingredientes que contiene un queso tipo manchego. D) Conocimiento de adulteraciones en queso tipo manchego.

En la actualidad existe gran controversia sobre los productos alimentarios, si son benéficos para la salud o no, la gran incógnita es ¿saber realmente qué comes?, ya que en el mercado existe una enorme variabilidad de un mismo producto o alimento, es el caso del queso manchego, este derivado lácteo tiene un sabor irremplazable y es usado en

una gran variedad de preparaciones pero realmente ¿comes queso manchego?, esta pregunta es importante porque este rico alimento es un queso graso mínimo 45% materia grasa/extracto seco y mínimo 30% de proteína se elabora con leche de oveja de raza manchega, cruda o pasteurizada y es elaborado en la comarca natural de La Mancha, su curación dura 60 días y es un producto con Denominación de Origen (Huesca, 2013) La figura 3C nos muestra si los consumidores conocen los ingredientes del queso tipo manchego a los que el 59.2% no saben cuales son, pero les gustaría saber, mientras que el 35.6% desconocen qué ingredientes son y finalmente no le toma importancia a eso. Una de las principales características del queso manchego es la facilidad con la que se funde el queso ya que contiene moléculas proteicas de cadena larga, es decir, compuestas por una gran cantidad de átomos. Estas moléculas suelen estar ovilladas en una masa grasa. Cuando el queso se calienta, las grasas y las proteínas se mezclan formando un grupo compacto de fibras que resulta fácil quebrar (Revista Muy Interesante, 1999). El 14 de octubre de 2020 se anunció la inmovilización de diferentes marcas de quesos por incumplimientos a las especificaciones de las Normas Oficiales Mexicanas, noticia que pudo haber causado preocupación entre los consumidores. Los incumplimientos estuvieron relacionados con estudios realizados por la Procuraduría Federal del Consumidor (Profeco), que fueron publicados en la Revista del Consumidor en su edición del mes de abril del 2020 para el caso del queso manchego. De los 46 quesos analizados y reportados en la revista, entre los cuales se encuentran manchegos mexicanos, tipo manchego, imitación y de cabra, solo uno, de una marca no muy conocida, constituyó una adulteración por presentar adición de grasa vegetal y ocho no cumplieron con el contenido neto. La adición de grasa vegetal y, pese a ello, llamar queso al producto, en vez de indicar que es una imitación, constituye un engaño al consumidor. En la figura 3D se observa que el 66.4% de la muestra total dice que no tuvo efecto en su consumo personal de queso manchego al inconveniente ya mencionado, por otro lado, el 33.6% sí tuvo un efecto en el consumo y dejaron de hacerlo.

## Conclusiones

Como resultado, se destacó que de 250 personas encuestadas el 88.4% consume queso y que el 55.2 % es de tipo manchego, el 44% de los participantes consume de vez en cuando este producto, el 33.6 % lo adquiere por la marca del producto, siendo la marca Noche Buena la más consumida por los encuestados en un 27 %. Los consumidores consideran como principal característica de compra el sabor, la calidad y la capacidad de derretimiento, también mencionan que invierten de \$ 30-50 para su adquisición. El 49.2% de los encuestados mencionaron que el nuevo etiquetado no ha influido en su compra, el 64.4 % dice que lee las etiquetas para informarse pero que las ignora, el 59.2% no está muy informado de los ingredientes que contiene, pero que le gustaría saber y el 66.4 % no sabe de las adulteraciones que puede tener el queso tipo manchego. Muchos consumidores adquieren los productos alimenticios sin darse a la tarea de comprar el contenido o los ingredientes con respecto a otro de igual o menor precio, cuando al final de cuentas terminan llevando, es este caso, un queso manchego más caro con las mismas características e ingredientes que uno de igual o mayor precio. Es recomendable leer las etiquetas, los ingredientes, el estado exterior del empaque, para una mejor compra y así garantizar un bienestar en la salud además de mejorar los hábitos de compra.



## Referencias

- Badui, S. (2006). Química de los alimentos. Pearson Educación. México.
- FinancialFood. (2021). Las ventas al exterior de queso manchego se incrementaron un 4,6% en 2020. 26/03/2021, de Portal de los profesionales de la distribución y de la industria alimentaria. Disponible en: <https://financialfood.es/las-ventas-al-exterior-de-queso-manche-go-se-incrementaron-un-46-en-2020/>
- Forbes Staff. 2020. El 50% de los mexicanos entienden mejor el nuevo etiquetado de alimentos: encuesta. 16/10/2020, de Forbes México. Disponible en: <https://www.forbes.com.mx/noticias-encuesta-revela-que-50-de-los-mexicanos-entienden-mejor-el-nuevo-etiqueta-do-de-alimentos/>
- Hernández M. del C. (2017). Que tu queso sea mexicano. Marzo, 2 2017, de El Universal. Disponible en: <https://www.eluniversal.com.mx/articulo/menu/2017/03/2/si-comes-queso-que-sea-mexicano>
- Huesca. K. (2013). Propuesta de implementación de un plan HACCP para garantizar la inocuidad en la producción de queso tipo manchego en la planta de lácteos “Xa Lapaz” Trabajo teórico práctico. Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz. Disponible en: <http://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/35116/1/hernandezhuescakarina.pdf>
- CANILEC. (2020). Estadísticas del sector lácteo, 2010-2020. Disponible en: <https://www.canilec.org.mx/estadisticas-2/>
- Kotler, P. (2008). Fundamentos de Marketing. Pearson. México.
- López Lluch . (2021). El marketing sensorial: emociones y sentimientos. 31 Marzo, de MERCADO Sitio web: <https://mercado.com.ar/management-marketing/el-marketing-sensorial-emociones-y-sentimientos/>
- Mahaut, M.; Jeantet, R.; Brulé, G. (2003). Introducción a la tecnología quesera. Acribia. España.
- NMX-F-462-1984. Alimentos. Lácteos. Queso tipo manchego foods. Lacteous. Manchego type cheese normas mexicanas. Dirección general de normas. Sitio: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-462-1984.PDF>
- Spreer, E. y Dignoes, O. (2000). Lactología industrial. Acribia. España.
- PROFECO. (2020). Estudios de Calidad. Revista del consumidor. Abril. #518. Disponible en: <https://issuu.com/profeco/docs/revistadelconsumidorabril2020>
- Muy Interesante. (1999). ¿Por qué el queso fundido es elástico?. 02 Julio, de Revista Muy Interesante Sitio web: <https://www.muyinteresante.es/curiosidades/preguntas-respuestas/por-que-el-queso-fundido-es-elastico>

# ESTUDIO COMPARATIVO DE INGREDIENTES DE DIFERENTES QUESOS MANCHEGO PRODUCIDOS A NIVEL NACIONAL



Luis Gutiérrez Reyes<sup>1</sup>, Alma Adela Lira Vargas<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México,  
[luis20gtz@gmail.com](mailto:luis20gtz@gmail.com)



## Resumen

Hoy en día los consumidores están más preocupados por los ingredientes que contienen los productos que ingieren, por lo que el presente trabajo tuvo como objetivo, realizar un análisis comparativo de algunas marcas que comercializan queso tipo manchego mediante una tabla comparativa de ingredientes para, así como orientar a los consumidores a un consumo de queso manchego más consciente e informado. En función de la tabla comparativa uno de los quesos más recomendados, sería el de la marca Caperucita ya que al no contener saborizante artificial y anaranjado 5 y 6 lo hacen un queso más natural estos colorantes y saborizantes, además de que contiene grasa butírica que es la parte de la grasa de la leche, así como también proteínas lácticas. También es recomendable ya que no contiene nitratos puesto que la FAO/OMS ha determinado que la ingesta diaria aceptable de nitratos no debería superar los 3,7 mg por kg de peso corporal.

**Palabras clave:** Producto lácteo, queso manchego, calidad, estudio de mercado, ingredientes

## Antecedentes

La palabra queso deriva del latín *Caseus*. Los quesos son productos elaborados de la cuajada de leche estandarizada y pasteurizada de vaca o de otras especies animales, con o sin adición de crema, obtenida de la coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácticos, enzimas apropiadas, ácidos orgánicos comestibles con o sin tratamiento ulterior, por calentamiento, drenada, prensada o no, con o sin adición de fermentos de maduración, mohos especiales, sales fundentes e ingredientes comestibles opcionales, dando lugar a las diferentes variedades de quesos pudiendo por su proceso ser: frescos, madurados y procesados (NOM- 243- SSA1-2010).

Desde el punto de vista fisicoquímico, el queso se define como un sistema tridimensional tipo gel, formado por coagulación básicamente por la caseína integrada en un complejo caseinato fosfato cálcico, engloba glóbulos de grasa, agua, lactosa, albúminas, globulinas, minerales, vitaminas y otras sustancias menores de la leche, las cuales permanece adsorbidas en el sistema o mantienen la fase acuosa retenida y existen gran variedad de quesos (Chamorro, 1996).

En México el queso manchego es elaborado con leche entera de vaca, pasteurizada, sometida a procesos de coagulación, cortado, desuerado, fermentado, salado, adicionado con fermentos lácticos mesófilos tales como *Lactococcus lactis* y *Lactococcus cremoris*. Para la elaboración de este tipo de queso se pueden distinguir cinco operaciones fundamentales comunes para la elaboración de quesos el cual incluye la preparación de la leche, coagulación, salado y la maduración (Villegas et al., 2008).

El queso manchego, es un alimento con gran versatilidad, ya que lo podemos incluir en nuestra dieta de diversas formas y a todas horas del día. Es rico en macronutrientes, es decir reúne las mismas cualidades nutritivas que la leche, con la diferencia de que lo tomamos en porciones pequeñas que contienen grandes cantidades de nutrientes concentrados en ellas. Nos aporta una cantidad equilibrada de energía y proteína, ya que es rico en materia grasa. Gracias a los ácidos grasos que contiene el queso (omega 3 y ácido linoleico), ayuda a nuestro sistema cardiovascular, inmunológico y nervioso. Además de poseer propiedades anti cancerígenas. Es una enorme fuente de aminoácidos, estos ejercen un gran papel dentro de nuestro metabolismo y, lo más importante, son necesarios para cualquier actividad vital que queramos realizar (Gómez-Moreno, 2020).

Por otro lado, la etiqueta es una compañera del queso, la cual que además de identificar el nombre comercial, al fabricante, al comercializador o al importador, nos indica algunas características físicas del producto, entre las indicaciones que debe mostrar la etiqueta son: la denominación, el tipo de leche empleada, si esta fue pasteurizada o es cruda, razón social, número de lote, número de registro, fecha de fabricación, ingredientes, etc; puede darnos pistas para evitar riesgos a nuestra salud y tomar buenas decisiones en nuestra alimentación. Hay personas que le prestan más atención que otras. Si se padece alguna alergia o si se tiene especial cuidado con las calorías la etiqueta se convierte en un elemento importante. Pero, todos tendríamos que aprender el etiquetado para saber que estamos comiendo y en qué estado lo consumimos (Neus, 2016). Hay que tener en cuenta que la lista de ingredientes está ordenada de mayor a menor según la cantidad presente en el alimento, es decir que los primeros ingredientes en la lista son los más abundantes. Al final de la lista tienen que estar los aditivos, estas son sustancias naturales o artificiales que la industria agrega a los alimentos sin el propósito de nutrir, sino con el objeto de modificar sus características. En este grupo están los conservantes, saborizantes, colorantes, etc. (Desarrollo Saludable, 2016).

### Objetivo

Realizar un análisis comparativo de algunas marcas que comercializan queso tipo manchego mediante una tabla comparativa de ingredientes para, así como orientar a los consumidores a un consumo de queso manchego más consciente e informado.

### Método

Cuadro de resumen: Para comparar los ingredientes, así como la funcionalidad de cada uno de estos se realizó un cuadro de resumen; a forma de hacer un organizador gráfico, con forma de tabla, en el que se expresan los conceptos más importantes obtenidos sobre la comparación de las marcas comparadas (LALA, Zwan, Noche Buena, Caperucita, Fud, Alpura, Chilchota, Great Volue, Walter).

## Resultados y discusión

Las etiquetas de los alimentos no sólo ofrecen la información nutricional en la cual se describen las calorías que posee el alimento, el tamaño de la porción y los nutrientes de la misma, sino que en el etiquetado encontramos los ingredientes que con palabras raras pueden esconder productos poco saludables y la fecha de caducidad o vencimiento que contribuye a la seguridad alimentaria del consumidor.

En la lista de ingredientes podemos encontrar datos de interés para aquellos que padecen intolerancias o alergias, ya que allí figuraba todo lo que queremos saber acerca de lo que contiene el producto.

A continuación, en la Tabla 1 se presenta un cuadro comparativo de los diferentes ingredientes que contiene el queso tipo manchego de diferentes marcas.

En función con el Tabla y de los ingredientes que tiene cada queso tipo manchego uno de los más recomendados es el queso de la marca Caperucita ya que al no contener saborizante artificial y anaranjado 5 y 6 lo hacen un queso más natural estos colorantes y saborizantes no tiene carcinogenicidad, genotoxicidad ni toxicidad para el desarrollo en las cantidades en las que se usa (EFSA, 2014) pero el no tenerlos lo hace un queso más natural, además de que contiene grasa butírica que es la parte de la grasa de la leche, así como también proteínas lácticas. También es recomendable ya que no contiene nitratos puesto que la FAO / OMS ha determinado que la ingesta diaria aceptable de nitratos no debería superar los 3,7 mg por kg de peso corporal. Es decir, una persona con un peso de 60 kg no tendría que consumir más de 222 mg de nitratos para evitar la toxicidad.

Con una alimentación equilibrada y en la que, a ser posible, conozcamos la procedencia de los alimentos que consumimos o revisemos la etiqueta nutricional en busca de conservantes y aditivos, no es común exceder la dosis diaria máxima recomendada de nitratos. Ambos contienen citrato de sodio que un regulador de acidez se considera como alimento por su adición, ya sea para fines de conservación o bien, para su modificación organoléptica o funcional del alimento.

Otro queso que se recomienda ya que los ingredientes son similares al anterior es el queso de la marca Chilchota a diferencia de que en este el etiquetado de ingredientes no menciona tener grasa butírica o proteínas lácteas. El precio de estos quesos, la Caperucita y Chilchota difieren por \$9.12 por cada 100 gramos, es decir \$20.62 y \$18.18 respectivamente.

Tabla 1. Cuadro comparativo de ingredientes de algunas marcas de queso tipo manchego producidas a nivel Nacional

Ingrediente	Marca									
Leche Pasteurizada vaca	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sal Yodada	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cloruro de calcio	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Cuajo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Nitrato de potasio	✓									
Carotenos naturales	✓	✓								
Cultivos Lácteos	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Enzimas	✓								✓	
Agua	✓								✓	
Grasa butírica	✓			✓		✓		✓	✓	
Proteína láctica	✓			✓					✓	
Sólidos de leche	✓								✓	
Leche descremada en polvo	✓								✓	
Citrato de sodio	✓								✓	
Ácido cítrico	✓								✓	
Saborizante natural	✓								✓	
Saborizante artificial	✓								✓	
Anaranjado 6	✓								✓	
Anaranjado 5	✓								✓	
Lecitina de soja	✓									
Monoestato de glicerol			✓							
Nitrato de sodio			✓		✓					
Extracto de Annato		✓		✓	✓	✓				
Borato de potasio						✓				
Natamcina						✓				✓
Sal							✓			
Ácido sóbico								✓		

Ahora los quesos que menos se recomiendan de acuerdo con los ingredientes de la tabla 1 son los de la marca LALA y Great Value ya que contienen muchos aditivos como conservantes, colorantes y saborizantes entre ellos naturales y artificiales.

Los conservantes son sustancias naturales y artificiales usadas en la preservación de los alimentos ante la acción de los microorganismos, con el fin de impedir su deterioro por un tiempo determinado bajo ciertas condiciones de almacenamiento. Algunos de los convenientes dependiendo del tipo de sustancia, el tiempo de exposición y la cantidad utilizada podrían ser carcinogénicos (nitrocompuestos), teratogénicos: malformaciones en fetos (nitrocompuestos), mutagénicos (nitrosamidas), producir disturbios metabólicos (anhídrido sulfuroso, ácido benzoico y otros.), etc. Sin embargo, hay estudios cuyos resultados son contradictorios en algunas sustancias (Della-Valle, 1983). A pesar de todos los recelos que provocan, los conservantes se han convertido en un componente indispensable de los alimentos que consumimos. Esto se debe, entre

otras razones, a la demanda creciente por parte de los consumidores de una mayor gama de productos alimenticios, prácticos y fáciles de cocinar, así como a las estrictas normas de seguridad alimentaria que nos hemos impuesto.

Los quesos de la marca LALA uno de los más consumidos por los encuestados y Great Value al tener más aditivos lo hace un queso menos natural al carecer de los ingredientes que hacen al queso, queso; la imitación deja de ser un alimento nutritivo y funcional. Por el contrario, su consumo en exceso podría tener ciertas consecuencias a la salud de quien lo come.

El precio del queso tipo manchego LALA es de \$18.18 y \$17.01 el de la marca Great Value ambos por cada 100 gramos, la diferencia entre ellos es de \$1.17. Si comparamos los precios con los que se consideran quesos más naturales Caperucita (20.62) y Chilchota (18.18) son muy similares, la diferencia sería mínima, a lo que nos lleva a adquirir un queso que sea más natural y que tenga los ingredientes de un queso tipo manchego como lo es Caperucita a un queso por casi el mismo precio con más aditivos como lo son el LALA y Great Value.

## Conclusiones

Leer las etiquetas de los alimentos favorece la selección adecuada de los alimentos y por eso, su importancia. Además, puede abrir nuestros ojos y cambiar la idea errónea acerca de determinado alimento que antes creíamos muy saludable pero al leer la etiqueta y sobre todo conocer los ingredientes, descubrimos que su composición no posiblemente es la más sana, así mismo podríamos evitar riesgos a nuestra salud y tomar buenas decisiones en la alimentación, así mismo en la economía, ya que muchos productos se venden por el nombre de su marca, más o por la calidad de sus ingredientes en su composición.



## Referencias

- Chamorro C. (1996). El Análisis Sensorial de los Quesos. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Della Valle, M.E. (1983). Conservadores-Preservadores. Bol. Acad. Nac. Medicina. Buenos Aires.
- Desarrollo Saludable (2016). ¿Por qué leer las etiquetas de los alimentos?. Desarrollo Económico y Producción. Buenos Aires. 29 de noviembre de 2016. Disponible en: <https://www.buenosaires.gob.ar/noticias/por-que-leer-las-etiquetas-de-los-alimentos>
- EFSA . (2014). Reconsideration of the temporary ADI and refined exposure assessment for Sunset Yellow FCF (E 110). 26 Junio, de EFSA Sitio web: <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/3765>
- Gómez-Moreno, K. 2020. Influencia del Queso Manchego en nuestra dieta . 13 febrero 2020. Disponible en: <https://quesosgomezmoreno.com/el-queso-manchego-en-nuestra-dieta/>
- Neus, P. (2016). La importancia de leer el etiquetado de los alimentos. La vanguardia. Ecología. 08/03/2016. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/vivo/ecologia/20160308/40291458415/etiquetado-nutricional-nutricion-alimentacion-ingredientes.html>
- NOM-243-SSA1-2010, NORMA Oficial Mexicana. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. Disponible en: <http://dof.gob.mx/normasOficiales/4156/salud2a/salud2a.htm>
- NMX-F-462-1984. Alimentos. Lácteos. Queso tipo manchego foods. Lacteous. Manchego type cheese normas mexicanas. Dirección general de normas. Disponible en: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-462-1984.PDF>
- Villegas A., Cervantes F., Abraham Villegas, Cesin A. 2008. Los quesos mexicanos genuinos. Mundi Prensa. México.

# PROPUESTA DE DESARROLLO DE CREPAS FUNCIONALES A BASE DE HARINA DE TRIGO, CHÍCHARO (PISUM SATIVUM) Y LINAZA, CON CHOCOLATE



*Elena Shehin Mora\*<sup>1</sup>, Sandra Margarita Rueda Enríquez<sup>1</sup> y Alma Virginia Lara Sagahón<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[elena.shehin@gmail.com](mailto:elena.shehin@gmail.com), [ruesam17@yahoo.com.mx](mailto:ruesam17@yahoo.com.mx)*



## Resumen

El objetivo del proyecto fue la propuesta de elaboración de crepas a base de harina de trigo, chícharo y linaza con chocolate. Se realizó un estudio de mercado, evaluando la viabilidad de este alimento; posteriormente se llevó a cabo la selección de prototipos por medio de un diseño experimental  $3^2$ , variando los porcentajes de harinas, HT 60%, 70%, 80%, HC y HL 20%, 15%, 10%; y estas con y sin linaza espolvoreada; por medio de una comparativa de composición química de cada prototipo. Se obtuvo al prototipo con 70% HT, 15% HL y 15% HC, sin espolvorear, como la formulación base. Tomando en cuenta las composiciones se desarrolló la etiqueta del producto de acuerdo con la NOM-051, llevando a cabo la selección de envase y el diseño de este. Como resultados finales se obtuvieron crepas con un contenido de fibra 25% más alto al reportado por un producto comercial.

**Palabras clave:** harina de trigo, harina de chícharo, harina de linaza, estudio de mercado, composición química, NOM-051.

## Antecedentes

En México, 72.5% de la población adulta sufre obesidad (Torres y Rojas, 2018) obligando a sus habitantes a cambiar su estilo de vida, y buscar en el mercado aquellos productos que contribuyan a su salud y bienestar. Siguiendo esta tendencia, se han creado los denominados genéricamente como alimentos funcionales, los cuales tienen la característica de que algunos de sus componentes afectan funciones del organismo de manera específica y positiva, y contribuyen a la disminución del riesgo de enfermarse (Araya y Lutz, 2003).

La denominada crepa, es un alimento de origen francés, elaborada fundamentalmente de harina de trigo. El trigo (*Triticum spp*) es uno de los tres granos más ampliamente producidos a nivel mundial, es utilizado para hacer una gran variedad de productos alimenticios. La harina de trigo es el polvo fino que se obtiene del cereal molido, al igual que el grano, es rica en hidratos de carbono y en menor medida proteínas, grasas, minerales y una considerable aportación de vitaminas A, B3 y B9 (Díaz, 2020). Se denomina harina compuesta a la mezcla de harinas, almidones y otros ingredientes que intentan reemplazar a la de trigo total o parcialmente en la industria panadera (Milligan, Reyes, García, y Meyer, 1981). Dentro de los granos utilizados en la sustitución de harina de trigo, se pueden mencionar leguminosas tales como la soya, chícharo, garbanzo, además de otros cereales como maíz, arroz, mijo, sorgo, avena y centeno.

La linaza, es una semilla con alto contenido en fibra y ácidos grasos insaturados ayudando a prevenir enfermedades cardiovasculares, así como abundante en antioxidantes, proteína, y un contenido de Omega 3 mayor que en cualquier otra semilla oleaginosa (Thompson, Robb, Serraino, Cheung, 1991).

El chícharo, es una leguminosa que contiene importantes cantidades de ácido ascórbico, vitamina A, fibra, y minerales, la proteína de chícharo posee una alta solubilidad, capacidad de retención de agua y grasa, es espumante y emulsificante, características que proveen la textura y estabilidad deseadas (Glenn & Williams, 2000). La harina de chícharo es valorada no solo como una fuente proteica vegetal sino también, en parte, por

sus particulares propiedades funcionales. El uso de proteínas vegetales como ingredientes funcionales en la industria alimenticia está aumentando y se ha puesto especial atención en el uso de arveja porque forma parte de la dieta humana en todo el mundo (Oelke y col., 1991). El chocolate se obtiene mezclando azúcar con dos productos que derivan de la manipulación de las semillas del cacao: la masa y la manteca, en la industria de alimentos panificados es utilizado normalmente como condimento. Según la Cámara Nacional de la Industria Panificadora (CANAINPA), el consumo per cápita anual de pan en México es de 33.5 kg, del cual 30% - 25%, corresponde a pan dulce, galletas y pasteles.

### **Objetivo General**

Propuesta de elaboración de crepas funcionales a base de harina de trigo, chícharo y linaza con chocolate, para contribuir a una alimentación más saludable.

Metodología experimental.

Obtención de la harina de chícharo

Se llevó a cabo la elaboración de la harina de chícharo a través de la siguiente metodología, de acuerdo con la figura 1.

Selección: Se utilizaron 200 gramos de chícharo verde (*Pisum sativum*) sin cáscara, y por medio de selección visual se eliminó materia extraña y dando como resultado un peso final de 180 gramos.

Lavado: Una vez realizada la selección, se sometieron a un lavado manual con agua de servicio.

Cocción: Se realizó a una cocción en 1 litro de agua purificada, se dejaron escurrir y en reposo 20 minutos con distancia entre ellos permitiendo que secan.

Secado: Se realizó un corte a la mitad de cada chícharo y se colocaron en la charola separando las partes con una distancia aproximada de 0.5 cm, posteriormente se llevó a cabo el secado utilizando una freidora de aire marca Wahaha® a 350°C durante 25 minutos, se dejó reposar 10 minutos y luego nuevamente se llevó a cabo el secado a las mismas condiciones.

Molienda: Al producto obtenido del secado, se le realizó una molienda utilizando un molino de café eléctrico marca Masterchef® por 2 minutos; finalmente con ayuda de un tamiz se obtuvo la harina.

Almacenamiento: La harina obtenida se guardó en un frasco de vidrio

herméticamente cerrado, y se almacenó a temperatura ambiente.

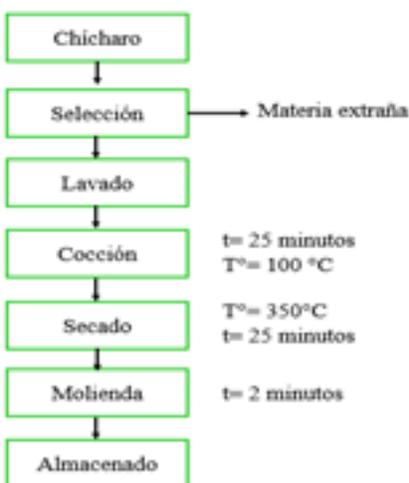


Figura 1. Diagrama de obtención de harina de chícharo Análisis químicos a la materia prima

## Elaboración de las crepas

La elaboración de las crepas funcionales se llevó a cabo de acuerdo con el diagrama mostrado en la figura 2; primero se colocaron ingredientes secos (azúcar, sal, harina de trigo Tres estrellas ®, harina de chícharo, harina de linaza marca Don Luis ® y cacao en polvo sin azúcar Hershey's ®) dentro de una licuadora marca Oster ® y se licuaron 2 minutos, mientras lentamente se incorporó la leche Lala ®, huevo, vainilla y mantequilla derretida y se continuó licuando durante 6 minutos. Una vez todo mezclado, se llevó a cabo la cocción en sartén Ecko® por ambas caras de la crepa a flama hasta llegar a una temperatura de 68°C. Una vez preparadas, se dejaron reposar por 20 minutos a temperatura ambiente, y se guardaron en trastes herméticos para después ser almacenados en frío.

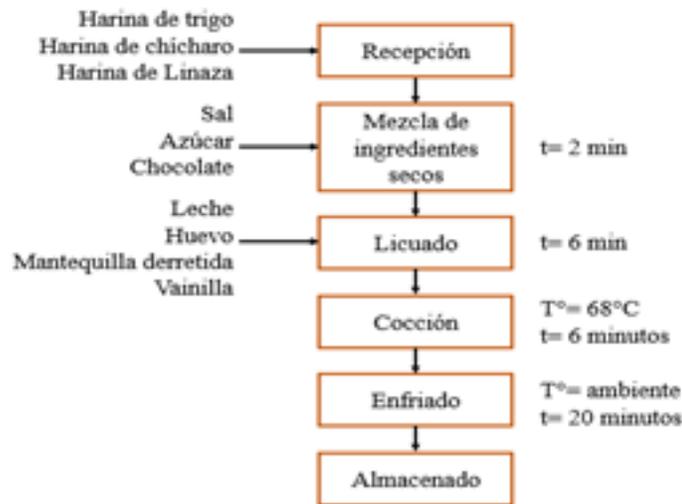


Figura 2. Diagrama de elaboración de crepas funcionales

## Estudio de mercado

Para conocer la viabilidad del desarrollo de las crepas funcionales, se llevaron a cabo dos encuestas a los consumidores potenciales acerca del producto, envasado y etiqueta. El estudio de mercado sobre el producto se realizó en línea a través de los formularios de Google Drive, y fue aplicada a 120 personas de 18 años en adelante a las que podría interesarles el consumo de un producto como éste. Los resultados obtenidos de cada pregunta fueron analizados e interpretados en gráficas de pastel y a través de un estadístico de chi cuadrada, en el cual se deseó conocer si es que había alguna relación de género- preferencia por medio de tablas de asociación.

## Diseño y selección de prototipo

Se propusieron nueve prototipos de crepas siguiendo la metodología anteriormente descrita, variando las combinaciones entre harinas de chícharo y linaza (20%, 15%, 10%) y trigo (60%, 70%, 80%) y nueve con y sin linaza espolvoreada, dando como resultado dieciocho prototipos, evaluando el efecto de las proporciones de harinas de chícharo y linaza con las preferencias del consumidor, de acuerdo con un diseño experimental  $3^2$  mostrado en la tabla 1. Debido a la situación vivida mundialmente,

el proyecto quedó como propuesta, por ello para poder evaluar el efecto de las proporciones de harinas, así como la comparativa con un producto comercial se obtuvieron las composiciones de manera teórica de cada prototipo obtenido y de esta manera se realizó la comparación.

### Selección de envase y etiqueta

Se propone llevar a cabo el diseño de envase, empaque y etiqueta, para la comercialización de las crepas funcionales. Tomando en cuenta las características del producto, así como el estudio de mercado realizado. Para la selección del material a utilizar en el envase y empaque, es necesario tener presente las características del producto para su conservación, composición (contenido de grasa, humedad), consideraciones tales como el medio ambiente y distribución, así como las preferencias de los consumidores, e imagen. La elaboración de la etiqueta del producto se llevó a cabo tomando en cuenta la NOM-051-SCFI/SSA1-2010, donde se establecen las especificaciones de etiquetado de alimentos.

Tabla 1. Diseño experimental 3<sup>2</sup>

Harina de chícharo-linaza (%)	Harina de trigo (%)
10-10	60
10-10	70
10-10	80
15-15	60
15-15	70
15-15	80
20-20	60
20-20	70
20-20	80

## Resultados y discusión

### *Estudio de mercado*

El estudio de mercado sobre el producto se realizó a un total de 120 personas con edad de 18 años en adelante a la que podría interesarles el consumo de un producto como este. Los resultados mostraron que de las 120 personas 57 fueron del género femenino y 63 masculino. Se compararon resultado y además, se llevó a cabo un estadístico de chi cuadrada para conocer si es que existía alguna relación de género- preferencia por medio de tablas de asociación para cada una de las preguntas. Se obtuvo que no hay relación de género preferencia con respecto al interés por este nuevo producto, únicamente resaltó con un 10 % más alto en respuestas afirmativas, que el género femenino tiene mayor conocimiento sobre las propiedades funcionales del chícharo y la linaza, sin embargo, el 44% de los encuestados no conocen productos elaborados a base de estas materias primas, por lo que al preguntar si les atrae un producto como éste, el 93.4% contestó afirmativamente, por lo que se concluyó que era viable la realización de este producto.

### Selección de prototipo

Después de elaborar los nueve prototipos, dos de estos fueron descartados (1 y 4) ya que la textura no era la deseada para una crepa, por lo que no eran viables. Una vez teniendo siete prototipos restantes, y para poder llevar a cabo una selección, se obtuvieron, con base en las composiciones teóricas de cada uno de los ingredientes utilizados en la elaboración de las crepas funcionales (Figura 3), las composiciones de cada uno de estos por medio de cálculos como se muestra en la figura 4, y se compararon con la composición del producto comercial (Waffles Eggo ®). Para la selección, ya que el propósito del proyecto es desarrollar un producto funcional con alto contenido nutricional, se tomó como criterio que la proteína, fibra y grasas saturadas fuesen mayor o igual a las del producto comercial. Una vez realizada la comparación, se eligió el prototipo 9, ya que contiene más proteína y fibra que el producto comercial y mayor a la de los demás prototipos.

### Selección de envase y diseño de etiqueta

Envase: Se eligió una caja de cartón como empaque ya que este material ayuda a proteger el producto durante el transporte, y dentro como envase, una bolsa de polietileno de baja densidad con capacidad de 600 gramos, ya que de acuerdo a la NMX-EE-207-1986, este tipo de material es el que debe utilizarse para envasar productos de panificación, debido a su alta resistencia.

Componentes (g)	Harina de trigo	Harina de linaza	Harina de chícharo	Cacao en polvo	Azúcar	Leche descremada	Huevos	Vainilla	Margarina	Sal
Humedad	6.1	7.8	10	15	0.5	91.5	76.4	87.1	18	0
Carbohidratos	80	1	61.4	67.1	99.5	5	Tr	12.7	1	0
Proteínas	9.3	20	23.4	9.8	0	3.4	12.5	0.1	0.3	0
Fibra	3.4	28	2.5	0	0	0	0	0	0	0
Grasas	1.2	40.2	2.1	8.1	0	0.1	11.1	0.1	80.7	0
Grasas satur.	0.16	3.7	-	2.47	-	0.06	3.49	-	15	0
Grasas Trans	-	-	-	-	-	-	-	-	15	0
Cenizas	0.4	3	0.6	-	-	-	-	-	-	0
Minerales (mg)	178.9	-	-	1411.8	257	344.4	366.7	174.1	848.2	410.15
Sodio (mg)	3	30	5	21	28	52	140	9	800	38.76
Referencias	Collazos et al. 1998 Moreiras et al. 2013	Cuevas, Z.O y Saizprunís, E. 2012, Magro 2015	INACAP, 2007	Moreiras et al. 2013	Vegaffinity-Online	Moreiras et al. 2013	Moreiras et al. 2013			

Figura 3. Composición de ingredientes utilizados en la elaboración de crepas por cada 100 g

Componentes (g)	Prot. 2 (120)	Prot. 3 (130)	Prot. 5 (150)	Prot. 6 (160)	Prot. 7 (170)	Prot. 8 (180)	Prot. 9 (190)	Producto similar 100 g
Humedad	56.09	56.27	56.34	56.51	56.42	56.58	56.76	44.8
Carbohidratos	28.86	29.54	29.72	31.92	28.37	30.58	32.77	40.9
Proteínas	6.19	6.44	6.78	7.04	7.13	7.38	7.64	5.9
Fibra	1.49	1.59	1.91	2.01	2.24	2.33	2.43	1.2
Grasas	3.91	3.95	4.5	4.53	5.04	5.08	5.11	7.2
Grasas satur.	0.78	0.78	0.83	0.84	0.87	0.88	0.88	1.8
Grasas trans (mg)	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	0.22	100 mg
Cenizas	0.1	0.11	0.22	0.23	0.26	0.27	0.29	-
Minerales (mg)	350.92	355.85	350.92	355.85	346.01	350.92	355.85	-
Sodio (mg)	52.87	52.96	53.36	53.44	53.76	53.84	53.92	499

Figura 4. Composición de los prototipos de crepas obtenidos del diseño experimental

**Etiqueta:** La etiqueta de las crepas funcionales se realizó con base en la NOM- 051-SCFI/SSA1-2010. Para el cálculo del contenido energético, se tomó en cuenta lo señalado en la norma. Los resultados se muestran en la figura 5.

DECLARACIÓN NUTRIMENTAL	
Contenido energético	Por 100 g 207.6 kcal ( 876 kJ) Por envase 487.9 kcal (2058.7 kJ)
Proteínas	7.64 g
Grasas totales	5.11 g
Grasas saturadas	0.88 g
Grasas Trans	0.22 g
Hidratos de carbono disponibles	32.77 g
Azúcares	4.975 g
Fibra dietética	2.43 g
Sodio	53.92 mg
Ingredientes: Leche entera, harina de trigo (gluten), harina de chícharo, harina de linaza, cacao, huevo, sal yodada, azúcares añadidos (azúcar refinada), grasa de origen animal y extracto de vainilla. Hecho en México. <b>CONSERVESE EN CONGELACIÓN.</b>	

Figura 5. Declaración nutrimental de crepas funcionales a base de harina de trigo, chícharo y linaza con chocolate.

De acuerdo con la modificación en la norma NOM-051- SCFI/SSA1-2010, la cual entró en vigor el 1 de octubre del 2020, se debe mostrar en la parte frontal como información nutrimental complementaria los sellos según corresponda de acuerdo con lo establecido por la norma. Sin embargo, de acuerdo con los criterios de evaluación y una vez realizados los cálculos se tiene que, para las crepas funcionales, no se colocarán sellos ya que no rebasa los límites en los nutrimentos críticos.

## Conclusiones

La elaboración de crepas funcionales a base de harina de trigo, chícharo y linaza con chocolate es viable, ya que al realizar el estudio de mercado se observó que este producto satisface una necesidad real del 50% de la población de acuerdo con la encuesta, y además el 71.9% estaría dispuesto a comprar este alimento. Se pudo observar al elaborar las crepas, que aquellas formulaciones que contenían mayor porcentaje de harina de chícharo y linaza (20% cada una) junto al porcentaje más alto de harina de trigo (80%), fueron aquellas que su aspecto se acercaba más al de una crepa, y fueron aquellas que obtuvieron mayor porcentaje de fibra y proteínas en cuanto a su

composición, sin embargo su textura no era muy agradable, y esto se puede deber a la molienda realizada al chícharo, ya que las partículas era demasiado grandes afectando la calidad del alimento, lo cual podría provocar una reacción negativa de parte de los consumidores sin ser necesariamente a causa de la formulación. El contenido de fibra de los prototipos fue 50% más alto al reportado por un producto comercial, y el valor de proteína obtenido fue 30% mayor, por lo que se cumple el objetivo de elaboración de crepas, obteniendo un producto que contribuye a una a una alimentación más saludable.

### **Agradecimientos**

Le agradezco a mi familia, por siempre apoyarme y motivarme a concluir este proyecto porque sin su apoyo no hubiera podido terminar. A mi asesora, por empujarme a seguir adelante y no detenerme, ayudarme en cada tropiezo y estar para mí. A mis amigos, por celebrar mis logros y empujarme a dar más de mí. Y finalmente a Dios, por dejarme concluir este largo camino, con éxito y satisfacción.



## Referencias

- Araya, H., y Lutz, M. (2003). Functional and healthy foods. *Revista chilena de nutrición*, 30(1), 8-14. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182003000100001>
- Díaz J.L (2020) *Propiedades nutricionales y funcionales de los alimentos*. Perú: UTEX
- Glenn, G., & Williams, C., (2000), "Functional foods: concept to product" Woodhead Publishing, England, pp. 215.
- Newell G.J. y MacFarlane, J.D (1987) "Expanded tables for multiple comparison procedures in the analysis of ranked data" *Journal of food science*, 52 (6), p. 1721-1725.
- NMX-F-066-S-1978 Determinación de cenizas en alimentos.
- NMX-F-089-S-1978 Determinación de extracto etéreo en alimentos.
- NOM-F-090-S-1978. Determinación de fibra cruda en alimentos
- NOM-F-068-S-1980. Determinación de proteínas.
- NMX-F-428-1982 Alimentos. Determinación de humedad (Método rápido de la termobalanza).
- NOM-092-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- NOM-111-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos
- NOM-113-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa
- NOM-247-SSA1-2008, Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación.
- NOM-051-SCFI/SS1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas y preenvasados- Información comercial y sanitarios.
- Torres, F., y Rojas, A. (2018). Obesidad y salud pública en México: transformación del patrón hegemónico de oferta-demanda de alimentos. *Problemas del desarrollo*, 49(193), 145-169. <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2018.193.63185>
- Thompson L., Robb P., Serraino M. y Cheung F. (1991) Mammalian lignan production from various foods. Nutr Cancer; 16:43-52.*

# TEXTURA Y ESTABILIDAD DE GELES DE CARRAGENINA EN MEZCLA CON FRUCTANOS DE DIFERENTE ORIGEN (AGAVE Y ACHICORIA)



*Mariel Flores-Juan<sup>\*1</sup>, Virginia Agustina Delgado-Reyes<sup>\*\*1</sup>,  
María Guadalupe Sosa-Herrera<sup>\*\*\*1</sup>*

*<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[\\*\\*\\*Isosah@comunidad.unam.mx](mailto:***Isosah@comunidad.unam.mx); [\\*\\*vdr1881@gmail.com](mailto:**vdr1881@gmail.com);*



## Resumen

Se estudió el efecto de la concentración y origen de fructanos (agave o achicoria), sobre las propiedades texturales y la estabilidad de geles de  $k$ -carragenina en medio acuoso con y sin adición de sacarosa o iones, comparados a su vez con geles elaborados con  $k$ -carragenina y fructanos en una base láctea. En los geles de  $k$ -carragenina con  $\text{CaCl}_2$  y sin sacarosa la dureza aumentó significativamente con la presencia de fructanos de ambos tipos, sin observarse diferencias significativas entre las concentraciones de fructanos empleadas. Cuando se adiciona  $\text{NaCl}$ , el efecto sobre los atributos texturales de los geles depende, en mayor medida, del tipo de fructanos y su concentración, siendo además los que presentaron más sinéresis. La sacarosa propicia geles con mayor dureza, así como con menor sinéresis y cohesividad. En los geles lácteos, el efecto más significativo se identificó en la estabilidad de éstos.

**Palabras clave:** k-carragenina, fructanos agave, achicoria, geles, perfil textura, sinéresis.

## Antecedentes

En la última década del siglo pasado comenzaron a desarrollarse nuevos conceptos en nutrición como consecuencia de nuevos estilos de vida y de los retos para elevar la calidad de vida de los individuos, de esta forma nacen los llamados alimentos funcionales; en nuestros días, los consumidores pueden seleccionar alimentos funcionales a partir de una amplia variedad de estos productos que contengan componentes adicionales como aminoácidos esenciales, antioxidantes, fibra dietética, probióticos y prebióticos (Hernández y Jiménez 2010). Aunado a ello, la industria de alimentos busca desarrollar productos alimenticios que cumplan con los criterios requeridos por los consumidores mediante la innovación de productos con diversas texturas y apariencias agradables para el consumidor, donde una opción es la adición de fructanos en diversos alimentos, así como el uso de polisacáridos, los cuales forman geles, emulsionan, estabilizan y modifican la textura.

Por otro lado, los postres lácteos o leches gelificadas son productos estructurados y en ocasiones con aire incorporado donde los estabilizantes, gelificantes y espesantes desempeñan el principal papel en las características de estos sistemas; estos tipos de productos lácteos se presentan al consumidor en forma sólida o semisólida. Para su producción se toma como ingrediente básico la leche, razón por la cual se pueden considerar buena fuente de calcio, fósforo, magnesio y sodio; en el proceso final se pueden adicionar colorantes, aromatizantes y edulcorantes, para hacer al producto más atractivo (Martínez et al., 2008).

En los postres lácteos, los agentes gelificantes como la carragenina, interactúan entre ellos mismos o con las proteínas de la leche, así como con los co-solutos presentes para formar una red tridimensional donde quedará atrapada el agua, de tal forma que la capacidad de gelificación y las propiedades del gel están relacionadas con sus atributos texturales (Liu, Zhao y Ma, 2020).

Estos sistemas inevitablemente contienen azúcar, por lo que su estructura, comportamiento y textura se ve afectada dependiendo de la estructura y la concentración de azúcar añadido. Debido a que la carragenina interactúa con las proteínas presentes

en la leche, es importante considerar la cantidad de proteínas, así como la concentración del polisacárido en la textura y estabilidad final del gel. Sin embargo, la carragenina en medio acuoso con iones adicionados presenta otro tipo de interacciones, por lo tanto, sus propiedades texturales y de estabilidad son distintas, pudiéndose aplicar en sistemas alimenticios no lácteos (Prajapati, Maheriya, Jani y Solanki, 2014).

## Objetivo

Evaluar el efecto de la concentración y tipo de fructanos sobre las propiedades texturales y la estabilidad de geles de carragenina en medio acuoso y lácteo mediante un análisis de perfil de textura y sinéresis delimitando la funcionalidad tecnológica de fructanos dependiendo su origen y medio de dispersión.

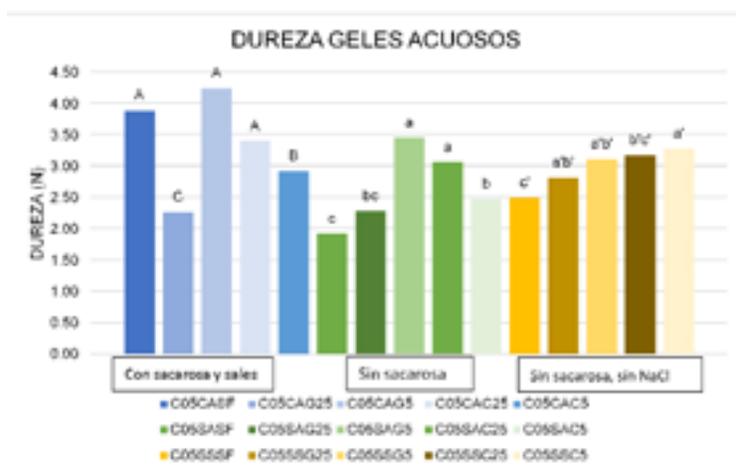
## Metodología

Se elaboraron geles con 0.5% de *k*-carragenina, 10.4% de sacarosa, 2% de CaCl<sub>2</sub> y 0.31% de NaCl, dependiendo el caso. Se adicionaron fructanos de agave o achicoria a dos distintas concentraciones (2.5 y 5%), el resto fue agua o leche de acuerdo con el sistema base en estudio. Se mezclaron los ingredientes a temperatura ambiente y posteriormente se calentaron hasta alcanzar 80 °C, durante 1 min, seguido de enfriamiento a 25 °C. Los geles se almacenaron durante 24 h a 11 °C previo a su análisis. Se realizó la prueba de perfil de textura a 14 °C empleando el texturómetro TA-XT2i (Stable Micro Systems, Inglaterra) utilizando una placa de 75 mm de diámetro, velocidad de ensayo de 1.6 mm/s, tiempo de espera de 5 s, con una distancia de compresión equivalente al 25% de la altura del gel. La estabilidad se determinó mediante cuantificación de sinéresis considerando la pérdida de peso en el gel, una vez retirado el líquido drenado. A fin de determinar diferencias significativas en los resultados, se realizó un análisis de varianza ( $p < 0.05$ ) y una comparación de valores medios (Tukey).

## Resultados y discusión

Dentro de los atributos texturales de los geles estudiados destaca la dureza, particularmente en los de base acuosa (Figura1), donde es posible apreciar que los geles que presentaron mayor dureza fueron los que incluían sacarosa y sales a la vez, con un

marcado efecto dependiendo del tipo y concentración de fructanos. Se ha reportado que la sacarosa como cosoluto puede interactuar con las moléculas de  $\kappa$ -carragenina (Liu et al., 2020), mientras que los cationes divalentes refuerzan la estructura de los geles de  $\kappa$ -carragenina mediante el entrecruzamiento con sus hélices, en tanto que los monovalentes por unión de los grupos sulfato (Wang, Yuan, Cui y Liu, 2018). Con relación a los fructanos, éstos también refuerzan el gel de  $\kappa$ -carragenina, aunque aparentemente de diferente forma, ya que el efecto en función de la concentración suele ser inverso al comparar entre ambos.



**Figura 1.** Dureza de geles acuosos.

Con relación a la estabilidad de los geles en base láctea, cabe destacar que la presencia de fructanos de agave no presentó diferencias significativas con respecto a las muestras sin fructanos (Tabla 1), así como tampoco se observó efecto con relación a la concentración de fructanos de agave o de carragenina empleados. En contraste, cuando se adicionaron fructanos de achicoria se observó una reducción significativa del porcentaje de sinéresis presentada en los geles, la cual disminuyó en función de la concentración. El efecto del tipo de fructanos sobre la estabilidad se atribuye principalmente a que los fructanos de agave no forman gel, mientras que los de achicoria si lo hacen, reforzando la estructura tridimensional de la carragenina.

Tabla 1. Sinéresis de geles lácteos elaborados con *k*-carragenina y fructanos de agave y achicoria

k-carragenina 0.25%		k-carragenina 0.5	
Muestra	Sinéresis (%)		Sinéresis (%)
<b>LC025SF</b> Sin fructanos	3.42 <sup>AB</sup> ± 0.51	<b>LC025SF</b> Sin fructanos	2.97 <sup>AB</sup> ± 0.26
<b>LC025G25</b> Fructanos agave 2.5%	4.15 <sup>A</sup> ± 0.21	<b>LC025G25</b> Fructanos agave 2.5%	3.15 <sup>A</sup> ± 0.11
<b>LC025G5</b> Fructanos agave 5%	3.80 <sup>A</sup> ± 0.14	<b>LC025G5</b> Fructanos agave 5%	3.21 <sup>A</sup> ± 0.46
<b>LC025C25</b> Fructanos achicoria 2.5%	3.35 <sup>BC</sup> ± 0.23	<b>LC025C25</b> Fructanos achicoria 2.5%	2.44 <sup>BC</sup> ± 0.34
<b>LC025C5</b> Fructanos achicoria 5%	3.32 <sup>C</sup> ± 0.20	<b>LC025C5</b> Fructanos achicoria 5%	2.15 <sup>C</sup> ± 0.19

## Conclusiones

El efecto de cada tipo de fructano depende de su interacción con las moléculas de *k*-carragenina, apreciándose una probable exclusión de las cadenas del polisacárido cuando se emplean fructanos de achicoria, que tienden a formar gel, mientras que para los fructanos de agave una unión de éstos con el gel de *k*-carragenina, podría explicar su efecto. La estabilidad favorece con la presencia de fructanos.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNAM-FES Cuautitlán por el financiamiento del proyecto PIAPI2019.



## Referencias

- Hernández, P., Jiménez, M.T. (2010) Propiedades funcionales y aplicaciones industriales de los fructooligosacáridos. *Temas Selectos de Alimentos* 4, 1–8.
- Liu, Y., Zhao, K., Ma, Q. (2020) Insight into the glucose cosolvent induced gelation of  $\kappa$ -carrageenan by broadband dielectric spectroscopy. *Journal of Molecular Liquids* 318, 114268.
- Martínez, O. L., Roman, M. O., Gutierrez, E. L., Medina, G. B., Cadavic, M., Flores, O. A. (2008). Desarrollo y evaluación de un postre lácteo con fibra de naranja. *Vitae*, 15, 219-225.
- Prajapati, V. D., Maheriya, P. M., Jani, G. K., Solanki, H. K. (2014). Carrageenan: A natural seaweed polysaccharide and its applications. *Carbohydrate Polymers* 105, 97–112.
- Wang, Y., Yuan, C., Cui, B., Liu, Y. (2018) Influence of cations on texture, compressive elastic modulus, sol-gel transition and freeze-thaw properties of kappa-carrageenan gel. *Carbohydrate Polymers* 202, 530–535.

# FORMULACIÓN DE UN ALIMENTO DE CUARTA GAMMA PARA CANINOS CON MATERIAS PRIMAS DE LA REGIÓN DE MISANTLA



María Cristina López Méndez <sup>\*1</sup>, Ana Fátima Ramírez Luna<sup>2</sup>

<sup>1</sup>TecNM Campus Misantla, [mclopezm@itsm.edu.mx](mailto:mclopezm@itsm.edu.mx)

<sup>2</sup>TecNM Campus Misantla, [212t0020@itsm.edu.mx](mailto:212t0020@itsm.edu.mx)



## Resumen

Esta investigación se realizó con base en una revisión literaria, en la cual fueron identificados y calculados los ingredientes para la formulación de un alimento de cuarta gamma para caninos en las etapas fisiológicas de adulto y cachorro. Un alimento de cuarta gamma es aquel que tiene el mínimo procesamiento previo al envasado, donde no se agregue ningún aditivo ni conservante, y sea envasado en bolsas que mantienen la atmósfera controlada. Con la aplicación de diseños de experimentos fueron examinadas y elegidas materias primas de la región de Misantla, contando con las características de fácil adquisición y contenido nutricional variado, cubriendo de manera apropiada los requerimientos nutricionales que requieren los caninos. Los resultados de este estudio dieron como conclusión que es factible formular de forma adecuada un alimento de cuarta gamma para caninos con materias primas de la región de Misantla.

**Palabras clave:** Alimento formulado, balanceado, nutrición canina, materia prima, ración, dieta.

## Antecedentes

En la actualidad la nutrición balanceada es un factor concluyente en los últimos años para la salud de los animales, desencadenando un papel significativo en el consumo de alimentos para caninos siendo atrayente para la sociedad (Aquino, 2020). Para un alimento con beneficios nutricionales como proteínas, grasas, hidratos de carbono, fibra, vitaminas y minerales, que son de vital importancia para las mascotas caninas, siendo que estos nutrimentos son necesarios en los distintos ciclos de su vida, que van desde que son cachorros, senior (joven), adultos hasta caninos geriátrico. Gáviria (2016) expone que como objetivo principal es mantener una buena calidad de vida y un buen rendimiento en los caninos, en el trabajo de investigación “Alimentación general y especializada para mascotas en una empresa productora de alimentos balanceados para animales”

En los últimos años los cambios producidos en el cuidado de los animales de compañía por parte de sus propietarios, son resultado del desarrollo de la sociedad que dispone, de medios económicos, y que cuya definición del bienestar animal es distinta a la de las últimas décadas del siglo pasado. Gómez (2010) expone la evolución de los cuidados de las mascotas caninas, uno del ejemplo más significativo se presenta cuando el canino tiene una enfermedad o en el caso anual como lo es la vacunación de la rabia y las vacunas de refuerzo, es aquí donde se presenta el incremento en la ideología de los dueños acerca de los cuidados específicos que, desde un punto de vista ético, son cuando menos, discutibles.

Dentro del trabajo de investigación de Barreno (2018) se muestra un acercamiento de la alimentación canina en las nuevas corrientes de innovación y creación de las mismas, una de ellas es la alimentación a los perros a base de productos elaborados de materia prima natural que no involucren proceso industrializados, pero que si contengan factores externos como conservadores que aporten nutrimentos extras al alimento, que sean un componente importante en la dieta y el desarrollo del canino. Estas nuevas tendencias buscan encontrar una dieta “lo más natural y rica en nutrimentos posible”, elaborada con productos sanos, de calidad, con unos parámetros de trazabilidad, seguridad e higiene altos, efecto de todo lo anterior sea dado paso al nacimiento de nuevos nichos de mercado dentro de la alimentación canina. Para cubrir esta nueva demanda de productos alimenticios o mejor conocido como dietas caninas, se requiere de una oferta que proporcione a los consumidores (los propietarios de caninos), un pienso

que satisfaga las necesidades de las mascotas.

En el trabajo de investigación “Beneficios de una dieta natural para canes”, la autora (Marcani, 2020), menciona que la selección de una dieta para mascotas caninas está muchas veces condicionada a productos alimenticios comerciales; pero sea visto que en los últimos años es posible encontrar nuevas dietas que puedan ser consumidas por los mismos y que generen beneficios para su salud.

Dentro de este grupo de opciones se tiene la opción de una dieta de cuarta gamma, siendo un alimento mínimamente procesado, que buscara cambios positivos no solo en el físico sino también en la salud de las mascotas que consumen estas nuevas tendencias de alimentación. Se han realizado gran cantidad de investigaciones y estudios en el mercado de alimento balanceado para perros alrededor del mundo. Sin embargo, en la Ciudad de Misantla Veracruz no se cuentan con investigaciones de mercado sobre productos para perros y a su vez no se tiene registro de estudio sobre la cadena de valor de alimento balanceado para caninos en la ciudad de Misantla.

Se estudiarán los componentes, al igual de productos como conservadores que permitan que el pienso a desarrollar contenga más beneficios nutrimentales y los alimentos que se pueden utilizar, además de incluir estudios que validen tanto la parte nutrimental y la de calidad del alimento de cuarta gamma para caninos.

### **Objetivo(s)**

Formular un alimento de cuarta gamma con materias primas de la región de Misantla basado en el diseño experimental, con la finalidad de crear una alternativa nutricional y balanceada dentro del mercado de alimento canino en la región de Misantla.

### **Metodología**

1. Diseño y validación del instrumento de medición enfocado en la alimentación canina.
2. Recolección de la información de las características de alimentación canina en la región de Misantla.
3. Procesamiento, análisis e interpretación de la información.
4. Formulación del pienso para canino.

### **Resultados y discusión**

Se realizó un análisis detallado de información especializada en fuentes bibliográficas y con expertos que a mostraron los siguientes resultados, por parte del instrumento de medición, se observó que la población está interesada en conocer nuevas tendencias de alimento para caninos, de igual manera los expertos en este tema (veterinarios) sustentan que al tener un alimento balanceado los caninos pueden mejorar su calidad de vida a través de alimentos de cuarta gamma. Todo lo anterior da pie al resultado de la formulación de la dieta de cuarta gamma para caninos con materias primas de la región de Misantla.

*Tabla 1. Dieta formulada para perros en etapa cachorro basada en valores de AAFCO. Elaboración propia.*

%	Ingrediente	Proteína %	Grasa %	Kcal
	Huesos carnosos			
24	1. Alas (pollo)	19.67	12.67	211.0
13	2. Cuello (ternera)	20.40	3.04	131.0
23	3. Costilla (ternera)	18.86	9.01	162.0
	Carne magra			
5	1. Pechuga con piel, sin hueso (pollo)	19.30	9.80	171.0
15	2. Bistec (pulpa/ternera)	30.45	13.25	155.0
	Visceras			
5	1. Hígado (ternera)	22.90	3.63	135.0
2.5	2. Pulmón (ternera)	16.0	2.50	92.0
2.5	3. Riñón (ternera)	18.0	3.09	99.0
	Frutas			
3	1. Papaya	1.22	0.07	33.0
2	2. Plátano	1.9	0.33	89.0
	Verduras			
2	1. Zanahoria	0.49	0.31	51.0
3	2. Remolacha	2.18	0.15	42.0
	Total	22.09	8.35	153.3

Basados en los requerimientos nutricionales de los perros (*Canis familiaris*) para las etapas fisiológicas de cachorro y adulto; utilizando como bibliografía el libro *Nutrient requirements of dogs and cats* del National Research Council (NRC) y las revisiones del año 2014 de AAFCO *Methods for substantiating nutritional adequacy of dog and cat foods*, para determinar los requerimientos nutricionales en las dietas diarias. La determinación de los piensos, que se muestran en la tabla 1 y en la tabla 2, se llevó a cabo por medio de la implementación de los cálculos matemáticos sugeridos para los porcentajes de nutrientes de proteína y grasa.

Dentro de la formulación para la dieta en etapa de cachorro y adulto que se muestra en la tabla 1 y en la tabla 2, se calculó la composición de 60% de huesos carnosos, 20% de carne magra, 10% vísceras y 10% frutas y verduras para la elaboración de 1 kilogramo de pienso. Para la dieta etapa de cachorro los requerimientos de proteína son mucho mayores que en ellos perros adultos, debido a la etapa de crecimiento y desarrollo, siendo estos valores de 22% de proteína y 8% de grasas, encontrados en cada una de las materias primas analizadas. Al igual que la formulación de pienso para etapa de cachorro, se utilizó la misma composición para un kilo de la dieta dirigida para la etapa adulto, lo que se analizó fue el cálculo para el porcentaje de proteína y grasa ya que para este caso es necesario tener 18% y 5%, respectivamente.

A través de la historia los perros han sido clasificados como carnívoros, donde sugiere que el proceso de digestión puede más eficiente con este tipo de alimentos, pueden crecer y desarrollarse de una forma óptima

Tabla 2. Dieta formulada para perros en etapa adultos basada en valores de AAFCO.  
Elaboración propia

%	Ingrediente	Proteína %	Grasa %	Kcal
	Huesos carnosos			
10	1. Carcasas (pollo)	19.0	6.0	136.0
20	2. Costilla (ternera)	18.86	9.01	162.0
30	3. Cuello (ternera)	20.40	3.04	131
	Carne Magra			
5	1. Falda (ternera)	22.40	1.72	251.0
15	2. Bistec (pulpa/ ternera)	30.45	13.25	155.0
	Vísceras			
5	1. Hígado (ternera)	22.90	3.63	135.0
5	2. Hígado (pollo)	16.92	4.83	119.0
	Frutas			
2.5	1. Papaya	1.22	0.07	33.0
2.5	2. Plátano	1.9	0.33	89.0
	Verduras			
2	1. Espinaca	2.92	0.28	23.50
1.5	2. Acelga	2.93	0.34	20.00
1.5	3. Zanahoria	0.44	0.31	51.0
	Total	18.67	5.50	137.87

La alimentación impuesta por empresas, con concentrados comerciales se presenta como una ventaja ante los propietarios ya que cuenta con las características de practicidad para almacenar, fácil adquisición, aporte de nutrientes y una vida de anaquel extensa, sin embargo, no asegura que los concentrados comerciales sean adecuados para la nutrición de los caninos provocado a que las materias primas usadas no cuente con la calidad y la concentración que pueden causar diversas alteraciones en la salud del animal. Del mismo modo las dietas de tipo innovador pueden provocar diferentes riesgos en los animales, los cuales dependen la formulación realizada, el tipo e inocuidad de sus materias primas, sin embargo, representan más beneficios para los perros ya que está mejor adaptada a su sistema digestivo. Formular este tipo de dietas representa cierta complejidad, tanto por la selección y adecuación de materias primas como por la elaboración de la dieta, por lo tanto, se requiere un nivel de conocimiento suficiente para lograr elaborarla de forma correcta.

## Conclusiones

Es posible formular de forma correcta un alimento de cuarta gamma para caninos para diferentes etapas de vida de los mismos basándose en los requerimientos nutricionales. De acuerdo a lo desarrollado en esta investigación se presenta como una buena alternativa para alimentar a los perros en las etapas evaluadas, pero se debe tener en cuenta la calidad materias primas donde estas mismas sean evaluadas a nivel laboratorio para tener valores nutrimentales más exactos. Como recomendaciones se plantea, realizar pruebas bromatológicas y microbiológicas, de igual manera tener en cuenta el estado fisiológico, talla, edad, actividad física y necesidades nutricionales de cada individuo. La formulación se puede ver mejorada si se incluyen los requerimientos y el balanceo de los aminoácidos, ácidos grasos, carbohidratos individuales, vitaminas y otros minerales.

## Agradecimientos

Los autores agradecen TecNM Campus Misantla, por ser nuestra casa de estudios y brindarnos oportunidades de expandir en nuevos campos de investigación y de igual CONACYT No. CVU: 1109311 por el financiamiento a nuevas fuentes de investigación científica.



## Referencias

- Aquino, O. W. (2020). Evaluación bromatológica y microbiológica de cuatro marcas comerciales de alimento BARF para caninos. Tesis de grado, Universidad de Guayaquil, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Guayaquil.
- Gaviria, A. J. (2016). Alimentación general y especializada para mascotas en una empresa productora de alimentos balanceados para animales. Tesis de grado, Corporación Universitaria Lasallist, Ciencias Agropecuarias, Caldas, Antioquia.
- Gómez, C. A. (2010). Diseño de un pienso deshidratado de origen vegetal para su utilización en alimentación de perro. Tesis de grado, Universidad Pública de Navarra, Escuela técnica superior de ingenieros agrónomos, Pamplona, Iruña.
- Barrero, M. D. (2018). Digestibilidad aparente del alimento balanceado premium en comparación a la digestibilidad del alimento BARF para caninos. Tesis de grado, UDLA, Facultad de Ciencias de la Salud, Quito, Ecuador.
- Marcani, M. G. (2020). Beneficios de una dieta natural para canes. Tesis de grado, Universidad Científica Del Sur, Facultad de ciencias veterinaria y biológicas, Lima – Perú.
- National Research Council. Nutrient requirements of dogs and cats. Washington D.C.; 2006. 377 p.
- Officials, A. O. (2021). Association of American Feed Control Officials. Obtenido de AAFCO Methods for substantiating nutritional adequacy of dog and cat foods: <https://petfood.aafco.org/>



CIENCIAS  
BIOLÓGICAS

# APLICACIONES EMERGENTES DE LAS LECTINAS VEGETALES EN EL DIAGNÓSTICO Y TRATAMIENTO DEL CÁNCER



*José María Caballero González, Sandra Díaz Barriga Arceo\**

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, México*  
[joss98@comunidad.unam.mx](mailto:joss98@comunidad.unam.mx), [sadibar@unam.mx](mailto:sadibar@unam.mx)



## Resumen

En la actualidad el cáncer sigue siendo una enfermedad complicada, llegando a posicionarse como la sexta causa de muerte a nivel mundial y la cuarta causa de muerte en México, por ello se requieren nuevos métodos de diagnóstico y tratamiento que permitan un mejor abordaje de esta enfermedad. Las lectinas vegetales presentan potencial terapéutico y de diagnóstico contra el cáncer debido a su capacidad de reconocimiento y unión a glicanos específicos. En este trabajo se realizó una investigación bibliográfica en diversas bases de datos con el objetivo de obtener información actualizada del papel de las lectinas vegetales en la lucha contra el cáncer a partir de la cual se puedan generar protocolos experimentales, encontrando que pueden ser utilizadas para el desarrollo de biosensores más específicos y sensibles, son potenciales agentes antineoplásicos y en base a ellas se pueden desarrollar sistemas de administración dirigida de fármacos y protocolos de inmunoterapia.

**Palabras clave:** Lectinas, Glicanos, Cáncer, Diagnóstico, Tratamiento

## Antecedentes

Las lectinas se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza, están presentes en plantas, animales, bacterias y hongos, son proteínas de origen no inmune que poseen al menos, un dominio no catalítico de unión reversible a mono u oligosacáridos, la unión es tan específica y fuerte que son capaces de aglutinar las células a las que se unen. Son altamente resistentes a altas temperaturas, la actividad enzimática y los cambios en el pH, llegando a estar involucradas en procesos de intoxicación alimentaria por consumir alimentos mal cocinados. Por su especificidad y resistencia han sido utilizadas en inmunología, bioquímica, biología celular, genética y biomedicina con fines analíticos, preparativos, de diagnóstico y como agentes en la terapia contra el cáncer. (Corredor, et al, 2016).

El cáncer se trata de una enfermedad generada por un desorden en la actividad celular en los tejidos, originada por un mal funcionamiento de los sistemas de reparación del DNA y los sistemas de muerte celular que llevan a una acumulación de mutaciones y un incremento progresivo en la inestabilidad cromosómica de las células, generando células con fenotipos diferentes al fenotipo original, las cuales se dividen descontroladamente para formar un tumor. La acumulación de mutaciones y aberraciones cromosómicas genera que un tumor se convierta en una masa heterogénea de células con fenotipos diferentes, lo que dificulta el tratamiento de la enfermedad. (Wei, et al, 2016).

Además de las alteraciones en el genoma y la expresión de proteínas las células tumorales presentan alteraciones en sus patrones de glicosilación. La glicosilación es un proceso celular en el que se adicionan glúcidos a otra molécula, dependiendo de los niveles de la expresión de glucosil transferasas, la presencia de nucleótidos donadores de carbohidratos y de un buen funcionamiento del aparato de Golgi. Estos tres factores se ven alterados en las células tumorales causando que se generen glicoproteínas, glicolípidos y glicosaminoglicanos aberrantes, los cuales contienen glicanos anormales ricos en Manosa, caracterizados por presentar truncamientos y derivaciones anormales en su estructura y un incremento en la presencia de carbohidratos terminales inusuales, como fucosa o galactosa. (Gupta, 2020).

Las lectinas vegetales por su capacidad de reconocimiento específica de carbohidratos, incluso dentro de una estructura compleja, son capaces de unirse a los glicoconjugados aberrantes y generar varios eventos: al unirse a glicanos membranales pueden activar vías de señalización para generar una respuesta celular, pueden transportar fármacos

hasta sus células blanco, presentan potencial inmunomodulador para el desarrollo de inmunoterapia, pueden unirse a las proteínas glicosiladas en circulación para detectarlos, pueden ser usadas como bioadhesinas para unir nanopartículas y pueden ser utilizadas para caracterizar los patrones de glicosilación de las células (Glicómica). De esta forma las lectinas vegetales tienen potencial terapéutico y diagnóstico contra ciertos tipos de cáncer que son difíciles de tratar y diagnosticar mediante los métodos convencionales, como el cáncer de colon.

### **Objetivo**

El objetivo principal de este trabajo es actualizar la información del papel que tienen las lectinas en el diagnóstico y tratamiento del cáncer, mediante una investigación documental en diversas bases de datos, con el fin de que la información recopilada sirva como base para generar nuevos protocolos que mejoren los métodos de diagnóstico y tratamiento del cáncer.

### **Materiales y métodos**

Se realizó una revisión bibliográfica acerca de las aplicaciones de las lectinas vegetales contra el cáncer que se están explorando actualmente, limitando la recopilación de información a artículos de research y review publicados después del 2016, principalmente en las siguientes bases de datos: ScienceDirect, Scopus, Scielo, Redalyc y PubMed. La investigación se realizó de marzo del 2021 a octubre del 2021.

### **Resultados y Discusión**

La especificidad de las lectinas para reconocer los glicanos anormales producidos por las células tumorales les da la capacidad de ser utilizadas para realizar un diagnóstico temprano y seguimiento del cáncer. Esta propiedad ha sido aprovechada para desarrollar biosensores basados en lectinas que permiten la detección y cuantificación de marcadores tumorales, en base a la alteración en la glicosilación que presentan. Estos biosensores son la base para el desarrollo de técnicas de diagnóstico como: ensayo ELISA utilizando lectinas, Microarreglos con lectinas, un Lectin blotting (variable del Western blot) o el desarrollo de columnas cromatográficas y nanopartículas basadas en lectinas.

En el caso de los biosensores basados en lectinas detectan la presencia de glicanos específicos, lo cual presenta varias ventajas en relación con los biosensores basados en anticuerpos, que detectan antígenos proteicos, por ejemplo: (Silva, 2019)

- La alteración en la síntesis de los glicanos se presenta primero que las alteraciones a nivel de síntesis proteica, facilitando el diagnóstico temprano.
- El proceso de glicosilación se lleva a cabo únicamente en el Aparato de Golgi, por lo que todos los productos de síntesis de la célula que sufran glicosilación pueden presentar el glicano anormal, causando que haya varios analitos cuantificables.
- Una sola proteína puede presentar más de un glicano anormal, generando un efecto de amplificación en la señal generada.
- Los glicanos son menos susceptibles a los cambios del medio (pH, temperatura, etc) en comparación con las proteínas, manteniéndose viables para el análisis en condiciones variadas y por mayor tiempo.
- Las lectinas vegetales presentan costos de producción y purificación disminuidos, y se mantienen viables por más tiempo que los anticuerpos.

Existen dos tipos de configuraciones para los biosensores basados en lectinas: Directa y en sándwich. En el montaje directo la lectina se encuentra anclada directamente al sensor y no requiere de marcadores, mientras que en el montaje en sándwich se tiene un anticuerpo o la lectina inmovilizados en la superficie del sensor que fungirá como un ancla, posteriormente se utilizará un anticuerpo o una lectina marcada con una enzima o un fluoróforo para generar una señal, el montaje puede ser anticuerpo-lectina\*, lectina-anticuerpo\* o lectina-lectina\*. En el montaje directo la medición se da por métodos electroquímicos, mientras que en el montaje en sándwich la medición se puede dar por fluorimetría, colorimetría o por métodos electroquímicos. (Silva, 2018) Se han desarrollado varios biosensores basados en lectinas para su uso en el diagnóstico, la mayoría presentaron la capacidad de cuantificar los glicanos en concentraciones milimolar, una disminución en el uso de muestra, alta especificidad y sensibilidad, algunos incluso pueden ser usados analizar los patrones de glicosilación, logrando diferenciar entre tumores metastásicos y no metastásicos. Sin embargo, todos los sensores presentan el mismo problema, no han llegado a ser lanzados al mercado por falta de estudios y muchos no han llegado a medir muestras reales, sin embargo, estos trabajos nos han permitido obtener nuevos biomarcadores tumorales y posibles lectinas que pudieran detectarlos.

Tabla 1. Biomarcadores tumorales y las lectinas con potencial para detectarlos. (Silva, 2018)

Marcador tumoral	Modificación	Tipo de cáncer	Lectina
AFP	Fucosilación	Hígado	<i>Lens culinaris</i> <i>Phaseolus vulgaris</i>
CA125/MUC16	Fucosilación del núcleo Truncamientos Tn y STn	Ovario	<i>Glycine max</i> <i>Vicia villosa</i>
CEA	Aumento de Le <sup>x</sup> , Le <sup>y</sup> , manosa y Neu5Ac	Colorectal	<i>Phaseolus vulgaris</i> Germen de trigo
HER2/neu	Fucosilación	Mama	Concavalina A Germen de trigo
PSA	Aumento $\alpha$ -2,3Neu5Ac, $\alpha$ -1,2 Fuc, $\beta$ -GalNAc.	Próstata	<i>Maackia amurensis</i> <i>Sambucus nigra</i>
Tg	Galactosilación Sin cialización	Tiroides	<i>Lens culinaris</i> <i>Wisteria floribunda</i>

Tn: (GalNAc1-Ser/Thr), STn: (Neu5Ac2,6GalNAc1-Ser/Thr), Le<sup>x</sup>: antígeno de Lewis X, Le<sup>y</sup>: antígeno de Lewis Y, Neu5Ac: Ácido neuramínico, GalNAc: N-acetilgalactosamina

Además de los biosensores, en la actualidad se está trabajando para diseñar nanopartículas asociadas a lectinas con el fin de marcar estructuras celulares que sufren glicosilación, como los exosomas o las membranas celulares. Estas nanopartículas permiten detectar con un microscopio confocal las estructuras glicosiladas anormales presentes en una biopsia del tejido sospechoso. Aunque estos métodos aún se encuentran en desarrollo en un futuro pueden llegar a ser opciones de diagnóstico que permitan detectar cánceres antes de que se presenten síntomas. (Choi, et al, 2021)

En el campo del tratamiento del cáncer las lectinas tienen potencial para ser utilizados como agentes quimioterapéuticos debido a sus propiedades de reconocimiento de carbohidratos, ya que son capaces de inducir directamente apoptosis, inducir autofagia, inducir arresto celular o inhibir la síntesis proteica a nivel ribosomal. De forma indirecta ciertas lectinas pueden estimular la proliferación celular, facilitando la eliminación de las células tumorales mediante mecanismos celulares, y son capaces de modular la respuesta inmune del organismo para facilitar la eliminación de las células tumorales. La alta especificidad de las lectinas hacia los carbohidratos anormales permite que únicamente las células tumorales sean afectadas, disminuyendo los efectos secundarios del tratamiento.

La capacidad de inducir apoptosis de las lectinas se debe a los cambios conformacionales en los receptores membranales generados por la unión de la lectina al glicano anormal del receptor, se puede decir que las lectinas funcionan como análogos de los ligandos de muerte para inducir la señalización del NF-kB, Erk y Ras, vía fosfatidil inositol trifosfato, para inducir arresto celular y activar la caspasa-8/7 que posteriormente activa la caspasa-6/10 y a la caspasa-3 para inducir apoptosis. Otro posible mecanismo consiste en que las lectinas son internalizadas en las células por endocitosis, al ser liberadas inducen la disrupción mitocondrial para liberar el Citocromo C junto con ROS, el citocromo C formará el apoptosoma al unirse con la Caspasa-9 activando posteriormente a la caspasa-3, mientras que la ROS inducirán la expresión de genes pro apoptóticos los cuales potenciarán la señal apoptótica. (Bhutia et al, 2019)

Las lectinas vegetales inducen autofagia a partir de su unión a estructuras glicosiladas, causando que se inhiban las vías PI3K/AKT/mTOR y se active la vía MERK/ERK para empezar la formación del fagosoma. Las lectinas también pueden inducir la expresión de Beclin-1 y Bmp2 para iniciar la formación del autolisosoma por una vía independiente de mTOR. Adicionalmente, las lectinas son capaces de activar el factor de transcripción MIF para promover la autofagia dependiente de MIF-BNIP3. Por último, las lectinas son capaces de inducir la generación de ROS para llevar a cabo la autofagia dependiente de PUMA. Esto ocasiona que se detenga la división celular y si este arresto se prolonga la célula degradara sus componentes para terminar muriendo, a esto se le conoce como muerte celular dependiente de autofagia y es un mecanismo con potencial para suprimir tumores. (Bhutia, et al, 2019)

Por último, las lectinas pertenecientes a la familia de las Lectinas Inactivadoras de Ribosomas son capaces de inhibir la síntesis proteica de las células tumorales por dos mecanismos que ocurren tras la internalización de la subunidad A: el primero consiste en el desplazamiento del factor de elongación (EF-2) inhibiendo la elongación de la cadena peptídica, mientras que el segundo mecanismo consiste en que la subunidad A hidrolize el enlace N-glucosídico de la adenina-4324 las subunidades 28s y 60s de, inhibiendo su función. (Kumar, et al, 2020)

Tabla 2. Lectinas de unión a Manosa con actividad anticancerígena. (Marcelino, et al, 2019)

Organismo del que se extrae.	Lectina	Línea celular.
<i>Clematis montana</i>	CML	L929, MCF-7, HeLa, Hep-G2
<i>Polygonatum cyrtonema</i>	PCL	A375 y L929
<i>Pinellia temate</i>	PTA	Bel-7404
<i>Remusatia vivipara</i>	RVL	MDA-MB-468 y MCF-7
<i>Cratylia mollis</i>	Cramoll	PC-3
<i>Pisum sativum</i>	PSA	SW480 y SW48

Estas lectinas de unión a manosa se ha demostrado son seguras para uso en humanos y son una buena alternativa para el tratamiento de los cánceres de los que provienen las líneas celulares.

En cuanto a los mecanismos de acción indirectos, anteriormente se mencionó que las lectinas poseen la capacidad de estimular a las células del sistema inmune con la finalidad de generar una respuesta inmune contra las células tumorales, esto se logra mediante la interacción entre las lectinas y los receptores de superficie de las células del sistema inmune, principalmente TLR 2/6 y TLR 4, en donde las lectinas funcionan como PAMP's y activan la vía de señalización acoplada a estos receptores, dando como producto final la liberación del NF-kB (Factor nuclear kappa-beta), un factor de transcripción que induce la expresión de interleucinas proinflamatorias, las cuales aceleran la maduración de las células dendríticas y el proceso de presentación antigénica a los linfocitos T, potenciando la respuesta inmune y causando que sea posible eliminar las células cancerígenas. (Gupta, et al, 2020)

Sin embargo, a pesar de que la especificidad de las lectinas causa que los efectos directos se ejerzan sólo en las células tumorales, existen efectos adversos derivados de los efectos inmunogénicos de las lectinas. En primera instancia las formulaciones lectinas para administración oral son toleradas adecuadamente en tratamientos de duración corta, pero en tratamientos de larga duración los pacientes presentan problemas de malabsorción intestinal derivados de una alteración en la permeabilidad del epitelio intestinal. Para evitar este problema se estudiaron vías parenterales encontrándose que la administración por vía intravenosa es incompatible, debido a que causaría una reacción inmunológica sistémica, generando una tormenta de citocinas proinflamatoria. Sin embargo, las vías de administración intramusculares e intratumorales mostraron

ser más nobles con el paciente, generando los efectos de las lectinas de manera controlada, pero de entre ambas vías la más adecuada es la intramuscular, debido a que muchas veces los tumores sólidos están en lugares de difícil acceso, por ejemplo, el cerebro. Debido al efecto inmunogénico de las lectinas se deben monitorear los niveles de Aspartato transaminasa (AST), Alanina transaminasa (ALT) y Gamma glutamil transpeptidasa (GGT), debido a que en tratamientos prolongados las citocinas y las especies reactivas generadas por el efecto inmunogénico de las lectinas pueden llegar a generar hepatomegalia. (Kumar, et al, 2020)

Además de estos efectos terapéuticos propios de las lectinas se está investigando el utilizarlas como acarreadores de fármacos y sistemas de administración dirigida, debido a su capacidad de unirse específicamente a los glicanos de las células de interés e introducir elementos por endocitosis. Estas características abren un abanico de posibilidades para diseñar fármacos asociados a lectinas o nanopartículas basadas en lectinas para que el compuesto activo llegue únicamente a las células en las que debe actuar, evitando así efectos secundarios nocivos de los fármacos. Un ejemplo de esto es un profármaco contra cáncer de colon que conjuga Doxorubicina a la Aglutinina del germen de trigo (WGA), unidos por un enlace éster, en este caso se introduce un grupo aconitilo en posición cis, de esta forma la WGA se unirá a los glicanos anormales de las células tumorales, introducirá la doxorubicina a la célula por endocitosis y se liberará dentro de la célula al ser procesada la vesícula por los lisosomas, generando que la doxorubicina solamente afecte a las células tumorales. (Gupta, 2020)

Actualmente se está investigando la posibilidad de generar protocolos de inmunoterapia basados en lectinas, esto se debe a la capacidad inmunomoduladora que presentan. Estas hipótesis se basan en la evidencia experimental que se obtuvieron de varios trabajos experimentales en modelos in vivo e in vitro de que ciertas lectinas son capaces de activar la vía de los TLR's, por lo que aquellas lectinas que poseen dos o más dominios de reconocimiento y unión a carbohidratos podrían funcionar como adaptadores, es decir, un dominio de carbohidratos se une a un glicano anormal de la célula tumoral para que cuando las células del sistema inmune sondeen el tejido reconozcan a la lectina y se activen, evitando la evasión de la respuesta inmune por las células cancerígenas. Además, las moléculas secretadas por las células tumorales que inactivan a la inmunidad innata se verán desplazadas por las citocinas generadas por las lectinas libres (no unidas a células tumorales) facilitando la acción de los componentes de la inmunidad innata (Linfocitos TCD8, macrófagos, neutrófilos, etc). Esto es complicado ya que

hay que encontrar lectinas que puedan unirse tanto a la célula tumoral como a la célula inmune, algunos de los candidatos se enlistan a continuación:

*Tabla 3. Lectinas vegetales con actividad agonista de TLR's. (Gupta, et al, 2020)*

Lectina	Glicano	TLR's
ArtinM	Man $\alpha$ 1-3(Man $\alpha$ 1-6) Man $\beta$ 1-4	TLR 2/1, 2/6
Concavalina A	$\alpha$ Man, $\alpha$ Glc	TLR 2/6
KML	Residuos terminales de Gal y GalNAc	TLR4
PHA-L	Gal $\beta$ 1-4GlcNAc $\beta$ 1- 2(Gal $\beta$ 1-4GlcNAc $\beta$ 1-6) Man	TLR 3, 4, 5
SBA	$\alpha$ GalNAc > $\beta$ GalNAc > Gal	TLR 4
PNA	Gal $\beta$ 3GalNAc	TLR 4
WGA	Man>Glc>GlcNAc	TLR2/6, 5, 7, 8

## Conclusiones

Las lectinas vegetales presentan potencial para incorporarse al tratamiento y diagnóstico del cáncer por su capacidad de unirse a carbohidratos de forma específica, incluso dentro de estructuras complejas. En el campo del diagnóstico, pueden ser utilizadas para diseñar biosensores que permitan detectar de forma más específica y en etapas más tempranas el cáncer, debido a que la alteración en los patrones de glicosilación se da desde las primeras etapas del cáncer y el análisis de los glicanos es más específico que solo cuantificar los niveles de un analito, que muchas veces pueden deberse a patologías diferentes del cáncer. Además, los biosensores basados en lectinas son más baratos de fabricar, lo que disminuiría los costos de los análisis y haría más costables los estudios, permitiendo que más personas tengan acceso a un diagnóstico certero y poco invasivo.

En cuanto al tratamiento, las lectinas vegetales presentan un gran abanico de mecanismos por los cuales pueden eliminar a las células tumorales, los cuales afectan únicamente a las células tumorales haciendo de estas proteínas potenciales agentes quimioterapéuticos que revolucionen la forma de tratar el cáncer, ya que cuentan con

una efectividad elevada y sus efectos secundarios son prevenibles o reversibles. Los sistemas de administración dirigida basados en lectinas pueden ser la modificación que requieren los citostáticos convencionales para disminuir los efectos secundarios del tratamiento a la par del riesgo para los pacientes. Por otra parte, la implementación de protocolos de inmunoterapia basados en lectinas causaría que más pacientes puedan acceder a este tipo de terapia, ya que la inmunoterapia convencional es costosa y muy pocos pacientes son candidatos para recibirla.



## Referencias

Casas Corredor, Zulma Yanira, Reyes Montaña, Edgar Antonio, Vega Castro, Nohora Angélica. (2016). Lectinas con dominio de leguminosa: características estructurales y utilidad como agentes insectistáticos e insecticidas. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 32(2), 157-169. <https://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902016000200009>

W. Wei, Y. Cheng, B. Wang, 2016, "Chapter 27 - Cancer and Genomic Instability", Editor(s): Igor Kovalchuk, Olga Kovalchuk, Genome Stability, Academic Press, 2016, Pages 463-486, ISBN 9780128033098, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803309-8.00027-6>.

Anita Gupta, 2020, "Emerging applications of lectins in cancer detection and biomedicine, Materials Today: Proceedings, Volume 31, Part 4, 2020, Pages 651-661, ISSN 2214-7853, <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.810>.

M. Luísa S. Silva, 2018, "Lectin-based biosensors as analytical tools for clinical oncology", Cancer Letters, Vol 436, 2018, Pags 63-74, ISSN 0304-3835, <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2018.08.005>.

M. Luísa S. Silva, 2019, "Chapter One - Lectin biosensors in cancer glycan biomarker detection", Editor(s): Gregory S. Makowski, Advances in Clinical Chemistry, Elsevier, Vol 93, 2019, Págs 1-61, ISSN 0065-2423, ISBN 9780128207994, <https://doi.org/10.1016/bs.acc.2019.07.001>.

Yonghyun Choi, Uiseon Park, Hyung-Jun Koo, Jin-seok Park, Don Haeng Lee, Kyobum Kim, Jonghoon Choi, 2021, "Exosome-mediated diagnosis of pancreatic cancer using lectin-conjugated nanoparticles bound to selective glycans", Biosensors and Bioelectronics, Vol 177, 2021, ISSN 0956-5663, <https://doi.org/10.1016/j.bios.2021.112980>

Sujit K. Bhutia, Prashanta K. Panda, Niharika Sinha, Prakash P. Praharaj, Chandra S. Bhol, Debasna P. Panigrahi, Kewal K. Mahapatra, Sarbari Saha, Srimanta Patra, Soumya R. Mishra, Bishnu P. Behera, Shankargouda Patil, Tapas K. Maiti, (2019) "Plant lectins in cancer therapeutics: Targeting apoptosis and autophagy-dependent cell death", Pharmacological Research, Vol 144, 2019, Pags 8-18, ISSN 1043-6618, <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2019.04.001>.

Ajay Kumar Gautam, Divakar Sharma, Juhi Sharma, Khem Chand Saini, 2020, "Legume lectins: Potential use as a diagnostics and therapeutics against the cancer", International Journal of Biological Macromolecules, Volume 142, 2020, Pages 474-483, ISSN 0141-8130, <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.119>.

Priscila Marcelino dos Santos Silva, Wesley Felix de Oliveira, Priscilla Barbosa Sales Albuquerque, Maria Tereza dos Santos Correia, Luana Cassandra Breitenbach Barroso Coelho, 2019, "Insights into anti-pathogenic activities of mannose lectins", International Journal of Biological Macromolecules, Volume 140, 2019, Pages <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.059>.

Bhavika Gupta, Daizy Sadaria, Vaishnavi U. Warriar, Anuradha Kirtonia, Ravi Kant, Amit Awasthi, Prakash Baligar, Jayanta K. Pal, Eiji Yuba, Gautam Sethi, Manoj Garg, Rajesh Kumar Gupta, (2020), "Plant lectins and their usage in preparing targeted nanovaccines for cancer immunotherapy", Seminars in Cancer Biology, 2020, ISSN 1044-579X. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2020.02.005>.

# EVALUACIÓN DEL EFECTO GENOTÓXICO EN MUCOSA BUCAL POR USO DE BRACKETS MEDIANTE EL ANÁLISIS DE LA INTEGRIDAD DEL DNA Y CUANTIFICACIÓN DE ENZIMAS ANTIOXIDANTES



*Jessica Isabel Aguilar Montiel<sup>1</sup>, Virginia Sánchez Monroy\*<sup>2</sup>, Maritere Domínguez Rojas\*<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> FES Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[jjam1918@gmail.com](mailto:jjam1918@gmail.com), [maritere.dominguez@cuautitlan.unam.mx](mailto:maritere.dominguez@cuautitlan.unam.mx)

<sup>2</sup> Instituto Politécnico Nacional  
[vickysm17@hotmail.com](mailto:vickysm17@hotmail.com)



## Resumen

Las maloclusiones dentales son una de las principales problemáticas de salud oral a nivel mundial, uno de sus tratamientos son los brackets que están constituidos principalmente por metales y se ha demostrado que puede causar daño a nivel molecular al estar en contacto constante con el tejido bucal. Por ello, el objetivo del estudio fue evaluar el efecto genotóxico y estrés oxidativo en pacientes causado por este tipo de aparatos en la mucosa bucal durante el tratamiento. Por lo cual, se evaluó la degradación del DNA mediante electroforesis en gel de agarosa además de realizar un análisis de la expresión génica de las enzimas antioxidantes superóxido dismutasa (SOD) y catalasa (CAT) utilizando RT-qPCR en muestras de 50 pacientes. Los resultados en conjunto indicaron que el uso de brackets posiblemente conduce a daño al material genético, además de provocar un aumento de especies reactivas de oxígeno.

**Palabras clave:** Brackets, genotoxicidad, estrés oxidativo, enzimas antioxidantes, DNA

## Antecedentes

Las maloclusiones dentales, según la OMS, se encuentra en tercer lugar en complicaciones de salud bucal, solo después de las caries y las enfermedades periodontales. Además, solo en Latinoamérica, representan el 85% de incidencia en la población, de acuerdo con los datos reportados por la Organización Panamericana de la Salud.

La toxicidad provocada por el uso de brackets y otros aparatos utilizados en el tratamiento de ortodoncia, ha sido evaluada en diferentes estudios pues la mayoría de estos aparatos están constituidos por aleaciones de diversos metales como níquel, titanio, hierro, cobre y cobalto (Malkiewicz, 2018) que al estar en contacto con el tejido oral por un tiempo prolongado representan un riesgo a la salud del paciente, por la liberación de estos iones metálicos, principalmente el níquel y cromo pues su capacidad mutagénica y citotóxica ha sido ampliamente estudiada (Eliades *et al*, 2004),

Se ha reportado que, el uso de brackets provoca una reacción citotóxica y genotóxica en el paciente, pues se encontró que la viabilidad de las células de la mucosa oral disminuía así como el aumento del daño al DNA, evaluado mediante el ensayo cometa. Sin embargo estos resultados solo se observaron a los tres meses de tratamiento, mientras que a los 6 meses, el daño al DNA no era significativo, indicando así una posible adaptación (Hafez *et al*, 2011).

Asimismo, cuando la célula se encuentra expuesta a algún agente externo puede sufrir estrés oxidativo, por la mayor producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), rompiendo así el equilibrio entre estas y los compuestos antioxidantes (Gagné, 2014). Este aumento de producción de ROS provoca diversos daños ya que, son altamente reactivos. Estos daños pueden ser autooxidación de lípidos, daños a ácidos nucleicos, proteínas y otras moléculas orgánicas. (Buljan, 2012).

Diversos estudios afirman que el uso de brackets provoca estrés oxidativo, ya que algunos de los metales, que están presentes en los aparatos de ortodoncia, tienen ciclos redox, que están directamente relacionados con la producción de especies reactivas de oxígeno. (Jomova, 2011).

## Objetivo

En este estudio se pretende evaluar el daño al DNA genómico que puede ser provocado por el contacto prolongado a distintos metales presentes en aparatos de ortodoncia como los brackets, al evaluar la integridad del DNA de células de la mucosa oral mediante el ensayo de electroforesis en gel. Así como, comparar los niveles de expresión de genes antioxidantes como SOD y CAT antes y 6 y 9 meses de haber iniciado el tratamiento.

## Materiales y métodos

Se realizó un ensayo clínico *in vivo* con la participación de 50 pacientes que fueron reclutados en el Área de Ortodoncia de la Unidad de Especialidades de la secretaria de la Defensa Nacional Mexicana.

Estos pacientes presentaban un problema de maloclusión dental por lo que requerían tratamiento ortodóncico. La recolección de la muestra se realizó en los 50 pacientes, antes de la colocación de los brackets etiquetado como tiempo 0 (T0) que funcionarían también, como muestras control. Además, se recolectaron las muestras de esos mismos pacientes a los 6 y 9 meses posteriores a la colocación de los aparatos de ortodoncia etiquetados como tiempo 1 (T1) y tiempo 2 (T2), respectivamente con un cepillo citológico para la obtención de la mayor cantidad de células epiteliales, el cual se conservó en congelación en un tubo Eppendor® con buffer de fosfatos hasta su utilización.

Para realizar la extracción de DNA se utilizó el método de fenol-cloroformo-alcohol isoamílico en cada una de las muestras utilizando 50µl del sedimento la muestra. Mientras que, para conocer la integridad del DNA se realizaron corridas electroforéticas en gel de agarosa al 1%.

Por otro lado, para obtener RNA de las muestras se utilizó el método de Trizol igualmente, con 50 µl del sedimento de la muestra (previamente centrifugada). Una vez obtenido en RNA se realizó una cuantificación por espectrofotometría en un espectrofotómetro de placas Epoch® leyendo a una longitud de onda 230/260 nm. Una vez que se tuvieron las concentraciones de todas las muestras se realizaron las diluciones necesarias para obtener una concentración de 20ng/µl. Posteriormente se tomaron 5µl de cada muestra y se agruparon en un solo tubo para obtener el pool de RNA con el cual se produjo la síntesis de cDNA.

Una vez obtenido en cDNA se procedió a realizar la PCR para lo cual se utilizaron los siguientes iniciadores para cada una de las enzimas:

*Tabla 1. Secuencia de los primers utilizados*

Enzima	Primer	Amplificación
<b>SOD</b>	Forward: CAGGGCATCAATTTCGA Reverse: TGCTTCCCACACCTTCAC	150pb
<b>CAT</b>	Forward: CTGGAGAAGTGCGGAGATTCA Reverse: AATGCCCGCACCTGAGTAAC	150pb
<b>GAPDH</b>	Forward: CGGACTTCCTCGGTGATACC Reverse: CAATGCCGGCCTTAGCAT	150pb

Se prepararon por triplicado las mezclas de reacción, una para cada una de las enzimas (SOD, CAT y GAPDH) de acuerdo con las cantidades de la siguiente tabla:

*Tabla 2. Mezcla de reacción para la amplificación de las enzimas antioxidantes*

REACTIVO	CANTIDAD (µl)
SYBRgreen PCR Master Mix	6.25
Iniciador sentido	1.25
Iniciador antisentido	1.25
Agua grado biología molecular	1.75
cDNA muestra	2.0
<b>Total por reacción</b>	12.5

Finalmente, se terminó la reacción en termociclador.

Para el análisis estadístico de la degradación del DNA, se generó una relación proporcional para determinar si existe una diferencia entre los valores de genotoxicidad

correspondientes a T0, T1 y T2 después del tratamiento con ortodoncia.

También, se realizó la prueba estadística McNemar, la cual es una prueba estadística no paramétrica de comparación de proporciones (Coronel-Carvajal, 2020), para determinar las diferencias significativas en la degradación del DNA a lo largo del tratamiento, para ello se utilizó el software estadístico SSPS.

Para el análisis de la expresión génica se utilizó un ensayo de cuantificación relativa por el método de Ct ( $2^{-\Delta\Delta Ct}$ ) (Livak y Schmittgen, 2001) para lo cual, los datos fueron analizados con ayuda de Microsoft Excel.

La expresión génica fue calculada usando la siguiente ecuación:

$$\Delta\Delta C_T = (C_{T,Objetivo} - C_{T,GAPDH})_{TiempoX} - (C_{T,Objetivo} - C_{T,GAPDH})_{Tiempo0}$$

En donde: T0 representa el tiempo antes de iniciar el tratamiento, TX representa cualquier otro tiempo a evaluar. Además, se realizó una prueba de varianza para determinar si la diferencia entre los niveles de expresión en los tiempos analizados es significativa.

## Resultados y discusión

Diversos estudios que se han realizado tanto *in vitro* como *in vivo* han evaluado la liberación de iones metálicos por los brackets esto se debe principalmente, a que la cavidad bucal proporciona los medios necesarios para que ocurra el proceso de corrosión de los metales (Faccioni *et al*, 2003).

Para demostrar la genotoxicidad por metales, habitualmente se utilizan ensayos de micronúcleos y ensayo cometa o en gel unicelular para detectar daños al DNA como roturas de hebras, sitios lábiles o sitios de reparación por escisión incompleta (Faccioni *et al*, 2003).

En este estudio se propuso utilizar el ensayo de electroforesis en gel de agarosa para demostrar el daño al DNA y observar su efectividad, pues presenta diversas ventajas sobre los otros ensayos en cuanto al precio, el equipo necesario y el tiempo de manipulación y análisis de resultados. Generalmente, la aplicación del ensayo de electroforesis en gel de agarosa se utiliza para la separación de fragmentos de ácidos nucleicos y su visualización,

así como para comprobar el tamaño de los fragmentos y la concentración (Fierro, 2014). Sin embargo, también se utiliza para conocer la integridad del DNA evaluando la definición de la banda predominante y el acompañamiento de una estela a lo largo del gel. Con base en los resultados de las electroforesis en este estudio, se realizó un análisis para conocer la proporción de la degradación de las muestras de DNA como se presenta en la Tabla 4

*Tabla 4. Proporción de degradación de DNA*

Tiempo de toma	T0	T1	T2
Número de muestras	50	28	47
Número de muestras con degradación	23 (46.0 %)	28 (100%)	40 (85.1%)
Número de muestras sin degradación	27 (54.0%)	0	7 (14.89%)

Los resultados demostraron que existe una mayor proporción de degradación a los 6 meses (T1) de haber iniciado el tratamiento y aún mayor proporción de degradación a los 9 meses (T2) en comparación con los resultados obtenidos en el T0 del tratamiento. Además, de acuerdo con el análisis estadístico realizado, existe una diferencia significativa en la degradación del DNA a los 9 meses comparado con las muestras obtenidas antes del tratamiento. Este resultado se relaciona con la concentración de iones metálicos liberado, pues a un mayor tiempo de contacto con el tejido bucal, existe una mayor acumulación de estos iones.

Estos resultados concuerdan con los resultados reportados por Hafez y colaboradores en 2011, donde mostraron que los pacientes que estaban siendo tratados con algún aparato de ortodoncia fijo presentaban mayor daño al DNA con el ensayo cometa, observando una mayor migración del material genético y una mayor formación de cometas, sin embargo, obtuvieron estos resultados a los 3 meses del tratamiento. Por otro lado, Faccioni y colaboradores, también sugirieron daños al DNA después del tratamiento con aparatos ortodóncico sugiriendo una correlación entre el tiempo de exposición y el daño al DNA.

El daño al material genético puede deberse a la fragmentación del DNA provocado por la interacción directa de los iones metálicos. También, se sabe que cuando existe un daño al DNA, se activan los mecanismos de reparación, sin embargo, al mantenerse la presencia de los iones metálicos, también persiste el daño al DNA (Hafez *et al*, 2011). Por otro lado, el nivel de expresión génica de algunas enzimas antioxidantes como lo son SOD y CAT se puede relacionar con la producción de ROS a causa de la presencia de iones metálicos ya que la sobreproducción de estas especies puede generar estrés oxidativo. Al haber un estrés oxidativo el organismo necesita contrarrestarlo con una mayor síntesis de antioxidantes y existe evidencia que es una de las respuestas biológicas principales al tratamiento de ortodoncia (Buczko, 2018).

En cuanto a los resultados obtenidos en este ensayo (Figura 1) se observó un aumento en la expresión génica del gen superóxido dismutasa 2.7 veces más en el mes 6 y 2.8 veces más en el mes 9 en comparación a los niveles de expresión antes del tratamiento. Se sabe que la generación de ROS se ve compensado con la acción de enzimas antioxidantes. En este caso, la sobreexpresión de SOD puede deberse a la necesidad de contrarrestar la gran cantidad de ROS en la cavidad oral, es por ello que a medida que pasa el tiempo del tratamiento con los aparatos de ortodoncia es decir, a una mayor acumulación de iones metálicos existe una mayor producción de ROS y en consecuencia mayor necesidad de enzimas antioxidantes SOD (Olalla *et al*, s.f.). Sin embargo, al realizar un análisis estadístico, se obtiene que no existe una diferencia significativa en los cambios de expresión a lo largo del tratamiento.

Con respecto a los resultados de la enzima catalasa, hubo un aumento de 3.2 veces más con respecto al mes 0, mientras que en el mes 9 hubo una expresión similar a los resultados obtenidos en el mes 0. Además, al realizar el análisis estadístico se observa que hubo una diferencia significativa en el cambio de expresión del mes 6 al mes 9. Asimismo, estos resultados sugieren que pudo haber desarrollado un sistema adaptativo a las condiciones de estrés oxidativo por lo que no hubo necesidad de producir mayor cantidad de enzimas antioxidantes CAT con el paso del tiempo.

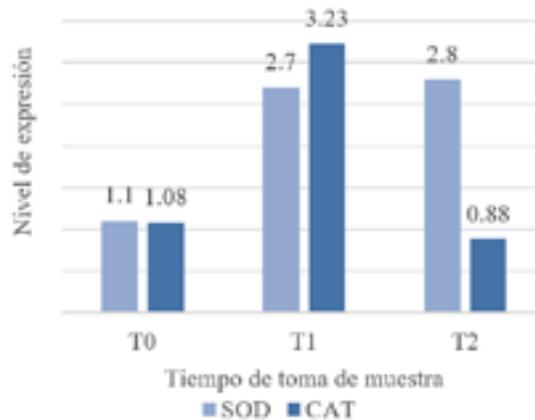


Figura 1. Niveles de expresión génica de la enzima antioxidante catalasa (CAT) y superóxido dismutasa (SOD)

En 2017, Santa-González y colaboradores demostraron que al someter las células a una concentración constante de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> durante un tiempo prolongado y constante conduce a la adaptación causada por estrés oxidativo crónico y modulan los patrones de expresión génica, pues los ROS actúan, en este caso, como moléculas de señalización. Aunque no se cuenta con evidencia experimental sobre la regulación de expresión génica de catalasa en condiciones de estrés oxidativo los resultados de este estudio pudieran dar un avance importante en la comprensión de los procesos adaptativos que se llevan a cabo en la célula.

Los resultados de la expresión de ambas enzimas antioxidantes sugieren un efecto diferencial por parte de las ROS provocando cambios distintos en los niveles de expresión de ambas enzimas, pues se ha demostrado que las especies reactivas de oxígeno influyen en la expresión en los diferentes niveles, como transcripción, postranscripción y traducción (Rodríguez *et al*, 1999).

Cabe mencionar que, aunque los estudios *in vivo* tienen la gran ventaja de explicar cómo reacciona el tejido en condiciones reales, tienen la desventaja de que la interpretación de los resultados suele ser difícil, pues existen muchos factores que no están bajo control experimental.

Finalmente, es preciso señalar que se necesita realizar un mayor número de estudios para determinar los posibles daños al organismo causados por el uso de aparatos de ortodoncia, a causa de su tiempo tan prolongado de contacto con la cavidad bucal con el propósito de buscar mejores alternativas en el tratamiento y mejorar la biocompatibilidad de este tipo de instrumentos y así minimizar los daños que el paciente pueda presentar a lo largo del tratamiento.

## Conclusiones

Se observó que el uso de aparatos ortodóncicos puede ser causa de genotoxicidad en pacientes con este tratamiento, pues los resultados de la degradación genética observada en la electroforesis indican una mayor degradación con respecto al tiempo de exposición.

Además, se observó un cambio en la expresión génica relativa en las enzimas antioxidantes SOD y CAT, pues con respecto a SOD hubo una sobreproducción de la enzima, mientras que con la enzima CAT se observó un aumento seguido de nivel de expresión similar a la inicial lo que sugiere un posible proceso adaptativo de las células ante el estímulo constante de las especies reactivas de oxígeno.

## Agradecimientos

Se agradece al Área de Ortodoncia de la Unidad de Especialidades de la secretaria de la Defensa Nacional Mexicana por reclutar a los pacientes que participaron en el ensayo.



## Referencias

- Buczko, P., Kasacka, I., Pawlak, D. (2018) *An important pathway of apoptotic effect of nickel early released from orthodontic appliances – Preliminary data*. Pharmacological Reports. 70(4) 766:768 <https://doi.org/10.1016/j.pharep.2018.02.019>
- Buljan, Z. I., Ribaric, S. P., Abram, M., Ivankovic, A., Spalj, S. (2012). *In vitro oxidative stress induced by conventional and self-ligating brackets*. The Angle Orthodontist, 82(2), 340–345. doi:10.2319/061811-395.1
- Coronel-Carvajal, C. (2020). *Forma correcta de presentar los datos y uso de McNemar en las intervenciones educativas*. Archivo Médico Camagüey. <http://www.revistaamc.sld.cu/index.php/amc/article/view/6819>

- Eliades, T., Pratsinis, H., Kletsas, D., Eliades, G., & Makou, M. (2004). *Characterization and cytotoxicity of ions released from stainless steel and nickel-titanium orthodontic alloys*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 125(1), 24–29. doi:10.1016/j.ajodo.2003.09.009
- Faccioni F., Franceschetti, P., Cerpelloni, M., Fracasso, M. (2003). *In vivo study on metal release from fixed orthodontic appliances and DNA damage in oral mucosa cells*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 124(6) 687:694 <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2003.09.010>.
- Fierro, F (2014). *Electroforesis de DNA*. En Romero, A., Serrato, A., Rendón, B., Rocha. M. (Eds.) Herramientas moleculares aplicadas en ecología: aspectos teóricos y prácticos. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/770DBBBD5ADF759505257D4900580FE6/\\$FILE/HerramientasMolecularesAplicadasEcolog%C3%ADa.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/770DBBBD5ADF759505257D4900580FE6/$FILE/HerramientasMolecularesAplicadasEcolog%C3%ADa.pdf)
- Gagné, F. (2014). *Oxidative Stress*. Biochemical Ecotoxicology, Principles and Methods. 103-115, Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411604-7.00006-4>.
- Hafez, H., Selim, E., Kamel, E., Tawfik, W., Al-Ashkar, E., Mostafa, Y. (2011). *Cytotoxicity, genotoxicity, and metal release in patients with fixed orthodontic appliances: A longitudinal in-vivo study*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 140(3) 298-308. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2010.05.025>.
- Hafez, H., Selim, E., Kamel, E., Tawfik, W., Al-Ashkar, E., Mostafa, Y. (2011). *Cytotoxicity, genotoxicity, and metal release in patients with fixed orthodontic appliances: A longitudinal in-vivo study*. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, 140(3) 298-308. <https://doi.org/10.1016/j.ajodo.2010.05.025>.
- Jomova, K., & Valko, M. (2011). *Advances in metal-induced oxidative stress and human disease*. Toxicology, 283(2-3), 65–87. doi:10.1016/j.tox.2011.03.001
- Livak. K., Schmittgen, T. (2001). *Analysis or relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the method*. Methods. 25(4) 402:408. doi:10.1006/meth.2001.1262
- Malkiewicz, K. (2018). *Comparative assessment of the corrosion process of orthodontic archwires made of stainless steel, titanium–molybdenum and nickel-titanium alloys*. Archives of Civil and Mechanical Engineering. 18(3), 941-947 <https://doi.org/10.1016/j.acme.2018.01.017>.
- Olalla, L., Matés, J. (s.f.). *Radicales libres de oxígeno y enzimas antioxidantes*. Universidad de Málaga. <http://www.encuentros.uma.es/encuentros56/radicales.html>
- Rodríguez, K., Céspedes, E. (1999). *Estrés oxidativo y envejecimiento*. Revista Cubana de Investigación Biomédicas, 18(2), 67-76. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-03001999000200001&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03001999000200001&lng=es&tlng=es)
- Santa-González, G. A., y Camargo, M. (2017). *Protección celular antioxidante y respuesta adaptativa inducida por estímulos oxidativos crónicos*. Actualidades Biológicas, 38(104), 71-80.

# EXTRACCIÓN DE SULFORAFANO A PARTIR DE LA BRASSICA OLERACEA VAR. ITÁLICA



*Sandra Jazmín Pérez Hernández, M. en C. Ángel Eduardo Márquez Ortega, I.Q. Nadia Jazmín González Gonzalez*

*Tecnológico de Estudios Superiores de Chimalhuacán,  
[ladyethelesad53@gmail.com](mailto:ladyethelesad53@gmail.com), [aemo1977@hotmail.com](mailto:aemo1977@hotmail.com), [jqzminegb@gmail.com](mailto:jqzminegb@gmail.com)*



## Resumen

La Brassica oleracea var. Italica originaria de Europa posee un compuesto bioactivo denominado Sulforafano, el cual actúa ante la gastritis, úlcera gástrica y cáncer de estómago; este compuesto reduce el tamaño del tumor al actuando como un activador del factor de transcripción Nrf2, el cual proporciona un efecto preventivo contra el cáncer de estómago. La presente investigación postula al Sulforafano como un posible candidato en el desarrollo de nuevos agentes antimicrobianos que hagan frente a la infección por *Helicobacter pylori*.

**Palabras clave:** Sulforafano, Isotiocianatos, *Brassica Oleracea*, cáncer, Nrf2.

El término glucosinolatos hace referencia a la fracción de glucosilo («gluco»), la presencia de un grupo sulfato (ate), y la propiedad de ser un precursor de un aceite de mostaza (sinol). Las principales fuentes de los glucosinolatos son el producto de metabolitos secundarios de las plantas de las familias de las crucíferas entre las que se destacan y que tiene interés comercial, col de bruselas, brócoli, coliflor y repollo, de acuerdo con la cantidad de glucosinolatos varía de una especie a otra e influye de manera directa el tipo de tejido de la planta. Los glucosinolatos son hidrolizados por la enzima mirosinasa, fruto de esta fase se obtienen compuestos biológicamente activos entre los que se destacan isotiocianatos sulfuranos, nitrilos y tiocianatos, estos procesos dependen de las condiciones de reacción y la presencia de proteínas asociadas (*Najera 2004*).

Las verduras crucíferas contienen variedad de glucosinolatos, cada uno forma un isotiocianato diferente cuando se hidroliza. Masticar a fondo las verduras crucíferas aumenta el contacto de los glucosinolatos con la mirosinasa (enzima que los degrada) lo que aumenta la cantidad de isotiocianatos absorbidos. Esta absorción es menor cuando las verduras están cocidas. Los isotiocianatos poseen actividad antiinflamatoria y actividad antibacterial para *Helicobacter pylori*. El Sulforafano es un producto químico de las plantas encontrado en vegetales crucíferos, incluyendo el brócoli. Fue descubierto hace más de una década, es un potente inductor de enzimas que proveen defensa contra el cáncer. El Sulforafano tiene un efecto de antibiosis selectiva hacia la *H. pylori*. Se ha demostrado de manera *in vitro* que el Sulforafano es capaz de matar cepas de *H. pylori* naturales y cepas resistentes a uno e incluso dos antibióticos. A pesar de que el mecanismo por el cual logra eliminar la bacteria no está claro, se sabe que el Sulforafano contribuye a anular la ureasa (*Rocha 2012*). Un estudio de 2009 de Johns Hopkins sobre ratones descubrió que los brotes de brócoli son especialmente buenos para ayudar de esta manera. Los ratones que fueron alimentados con brotes de brócoli diariamente durante dos meses redujeron los niveles de *H. pylori* en sus heces en más del 40 por ciento.

El Dr. X. Haristoy, de la Universidad francesa de Nancy, en 2003, publicó un trabajo en el que se comprueba que el Sulforafano tiene un efecto antibiótico, llegando a eliminar la bacteria *Helicobacter pylori*, que previamente se había infectado en ratones. No obstante, se requiere más investigación para determinar si el Sulforafano es un buen candidato que logre ayudar en el tratamiento de *Helicobacter pylori* (*Akinori Yanaka 1 2009*).

## Objetivo(s)

Demostrar la extracción mediante los métodos de deshidratación y extracción Soxhlet de Sulforafano a partir de la Brassica oleracea

### Parte experimental

Material de Laboratorio	Reactivos	Equipos
Brassica Oleracea. (Brócoli)	Hexano	Balanza analítica
Espátula	Diclorometano	Equipo Soxhlet
Frasco de vidrio Hermético	Ácido cítrico	Rotavapor
Vidrio de reloj		Bomba de vacío
Caja Petri		
Manta de cielo		
Recipiente de plástico		
Matraz Kitasato		
Papel filtro		
Vaso precipitado		

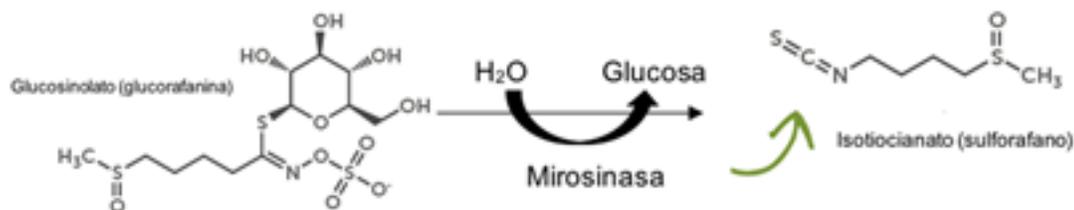
**Figura 1** Lista de Materiales y Reactivos

## Metodología

Esta primera parte de este proceso de Investigación y Desarrollo, (Obtención del Principio activo), para la formulación de un medicamento para erradicar la H. Pylori, se llevó a cabo lo siguiente.

Se efectuó la deshidratación solar de la Brassica. oleracea para obtener su materia seca. La fase experimental incluyó la trituración de la Brassica. oleracea para la hidrólisis de los glucosinolatos mediante un proceso mecánico. Posteriormente, los triturados fueron colocados a desecación al sol durante 3 días. Antes de su secado se agregó ácido cítrico a la muestra para evitar su descomposición y oxidación.

*Hidrólisis de los glucosinolatos al sufrir un daño mecánico (cortan o mastican)*



**Figura 2** Hidrólisis de los glucosinolatos que muestra el camino que conduce al isotiocianato sulforafano, un potente anticancerígeno

Se llevó a cabo la extracción Soxhlet para extracción de los aceites contenidos con Hexano, y el diclorometano para iniciar a obtener el concentrado del extracto. Este proceso de deshidratación y extracción se aplica tanto a la parte de Inflorescencia como del tronco, las dos partes muestran tener propiedades muy significativas se pueden aprovechar y obtener más cantidad del compuesto bioactivo.

Se realizó el pesaje de la muestra de fresco y seco para calcular la humedad relativa mediante la siguiente ecuación

$$\%H_f = \frac{p_f - p_s}{p_f} \times 100 \quad (1)$$

Para calcular de manera teórica la cantidad de Sulforafano que contiene la inflorescencia y el tronco se usó la siguiente fórmula, tomando los datos de las referencias consultadas y el peso obtenido de la inflorescencia del tronco de manera fresca y seca.

$$x = \frac{bxc}{a} \quad (2)$$

Datos de las referencias consultadas son 900 g de *B. oleracea* Fresca es 3.406 g Sulforafano (Nájera, 2004) y 100 g de *B. oleracea* Seca es 171 mg (0.171 g) Sulforafano (Instituto Nacional de Salud).

## Resultados y discusión

Se logró obtener un proceso de secado eficiente tanto de la inflorescencia como del tronco, mediante una deshidratación solar de 3 días, la muestra presenta una textura apropiada para hacer la obtención del compuesto bioactivo.

*Secado por deshidratación solar.*



**Figura 3** Proceso de Deshidratado de inflorescencia

Primero se obtuvo por medio de deshidratación solar la muestra de la inflorescencia de la *Brassica Oleracea Var. Itálica*. Para después hacer el deshidratado del tronco.



**Figura 4** Proceso de Deshidratado del tronco

Al ser una propuesta de extracción (postproceso) se considerarán tres alternativas para el Sulfurofano, los cuales serán Principio Bioactivo, Extracto y Modo Vegetal. En la Figura 5, se muestran las cantidades teóricas del Sulforafano que se calcularon en la inflorescencia y el tronco de *Brassica oleracea var. Italica*, además de la Humedad relativa. Los resultados mostraron que el tronco presentó una mayor humedad relativa con respecto a la inflorescencia con un 13.21%; mientras que de manera aproximada se obtuvieron las cantidades de Sulfurofano que podrían presentar el tronco y las inflorescencias; estos resultados muestran que el tronco presenta mayor concentración de sulfurofano con respecto a la inflorescencia.

Elemento	Peso Fresco	Sulforafano	Peso Seco	Sulforafano	%HF
Inflorescencia	338 g	1.279 g	300 g	0.513 g	11.24
Tronco	348 g	1.316 g	302 g	0.516 g	13.21

**Figura 5** Humedad relativa de *Brassica. oleracea* y cantidad de Sulforafano en la Inflorescencia y el tronco

También se tomó como referencia una tabla de componentes organolépticos de manera seca y fresca de la inflorescencia y el tronco.

Inflorescencia <i>B. Oleracea</i>		
Componentes	Muestra Húmeda	Muestra Seca
Cantidad	338 grs	300 grs
Color	Verde	Café
Apariencia	Pastosa/Floreada	Crujiente
Tronco <i>B. Oleracea</i>		
Cantidad	348 grs	302 grs
Color	Verde Claro	Café claro
Apariencia	Textura lisa	Opaco/Crujiente

**Figura 6** Componentes organolépticos de la *Brassica Oleracea Var. Italica*

Ultima tabla se muestran los datos de extracción Soxhlet de cada solvente empleado para la inflorescencia de la *Brassica Oleracea*.

Inflorescencia Extracción con Hexano					
No. de Muestra	Cantidad de muestra seca inicial	Cantidad de solvente inicial	Tiempo de Extracción	Temp. de Extracción	No. Ciclos
1	10 grs	200 ml	4 hrs	69 °C	8
Inflorescencia Extracción con Diclorometano-1					
No. de Muestra	Cantidad de muestra seca inicial	Cantidad de solvente inicial	Tiempo de Extracción	Temp. de Extracción	No. Ciclos
1	10 grs	250 ml	4 hrs 30 min	40 °C	9

**Figura 7** Datos de solventes empleados en la extracción



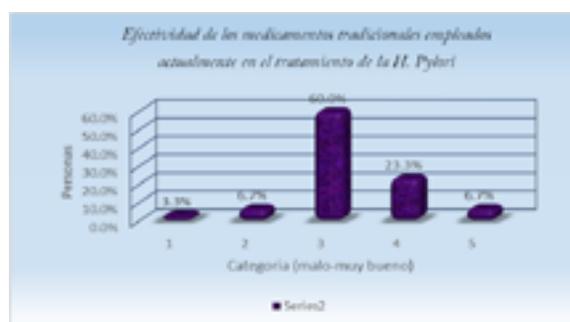
**Figura 8** Proceso de extracción

### Resultados de la encuesta realizada

Se tomó a consideración los datos obtenidos de la encuesta realizada donde se muestran los datos estadísticos más importantes, con la finalidad de percibir dentro de la población en un rango de 16 a 54 años (aplicada en el Estado de México, Puebla y Ciudad de México), el porcentaje promedio de las personas que presentan gastritis, así como el porcentaje de los que desconocen los beneficios principales de la *Brassica Oleracea* incluyendo su compuesto bioactivo, se encuentra presente en la inflorescencia y el tronco.



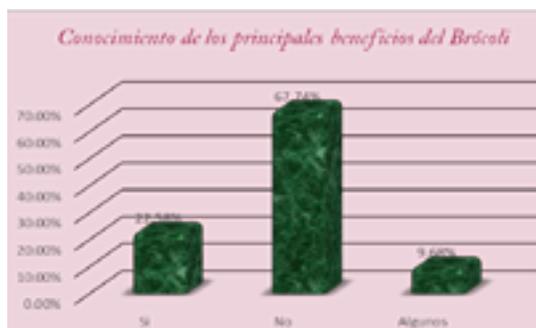
**Figura 9** Padecimiento de Gastritis



**Figura 10** Eficiencia de los medicamentos convencionales empleados para la erradicación de la H. Pylori



**Figura 11** Formas en las que comúnmente la gente consume el brócoli



**Figura 12** Porcentaje de la población que conoce los beneficios de la *B. oleracea*

## Conclusiones

Se concluye que el tronco contiene mayor humedad relativa y concentración de Sulfurofano. Por lo anterior, la extracción de Sulfurofano podrá ser a partir del tronco deshidratado de *B. oleracea* var. *Italica*, aunque no se descarta la utilización de inflorescencias, ya que no existe una diferencia marcada en la concentración de Sulfurofano del tronco. Además, al consumir el brócoli sin cocción se aprovecharán sus propiedades químio protectoras.

Durante el desarrollo de esta investigación es importante destacar los puntos siguientes como recomendaciones importantes que son: Factibilidad de darle utilidad al desecho de la *Brassica oleracea* var. *Italica*, este caso puede ser el tronco, diseñar una metodología o formulación para la extracción de Sulfurofano procedente de la *Brassica oleracea* var. *Italica*, desarrollar un producto aplicado dentro de la industria farmacéutica y química

## Agradecimientos

El presente trabajo de investigación se ha realizado bajo la supervisión del M. en C. Ángel Eduardo Márquez Ortega y la IQ Nadia Jazmín González González a los cuales me gustaría agradecerles de la manera más sincera por todo el tiempo, apoyo, dedicación y paciencia. A mis profesores que comparten conmigo sus conocimientos para lograr que este proyecto tenga un resultado positivo.

## Referencias

- Andrea Mahn, A. R. (2012). Una descripción general de los compuestos del brócoli que promueven la salud ( Brassica oleracea var. Italica) y el efecto del procesamiento. *Internacional de Ciencia y Tecnología de los Alimentos* , 503-514.
- Akinori Yanaka 1, J. W. (2009). Los brotes de brócoli ricos en sulforafano en la dieta reducen la colonización y atenúan la gastritis en ratones y humanos infectados con *Helicobacter Pylori*. *Cáncer Prev Res*
- Bello Lewis S., A. Lewis C., *Delicias Criollas: Recetas para la Salud y Vitalidad*, Florida (2016), Editorial PsyPress
- Brécol: la verdura anticancerígena por excelencia. (2008). *Discovery DSalud*. <https://www.dsalud.com/reportaje/brecol-la-verdura-anticancerigena-por-excelencia/>
- Camba, C. D. (2006). Desarrollo de un prototipo de ensalada lista para consumir de brotes de brócoli (Brassica oleracea var. itálica). Honduras: ZAMORANO CARRERA DE AGROINDUSTRIA.
- Cieslik, E., Leszczyńska, T., Filipiak-Florkiewicz, A., Sikora (2007). Efectos de algunos procesos tecnológicos sobre el contenido de glucosinolatos en hortalizas crucíferas. *Química de Alimentos*, 976-981.
- Cousin, N. (2012). *Brocoli et autres Crucifères*. Paris: Grupe Eyrolles.
- Cumberland. (2017). Organización Mundial de la Salud: Un informe de la OMS confirma que el mundo se está quedando sin antibióticos. Obtenido de Ginebra.: Cumberland OMS Publishing: <http://www.who.int/mediacentre/news/releases/2017/running-out-antibiotics/es/>
- El Gran Libro de la Salud. (2000). Reader's Digest Association.
- HerbaZest, E. (18 Junio 2020). HerbaZest . Obtenido de Brócoli <https://www.herbazest.com/es/hierbas/brocoli>
- Lewis, B., & C., A. L. (2016). *Delicias Criollas «Recetas para la Salud y la vitalidad»*. Florida: PsyPress.
- López Cervantes, J. (2013). Método de Extracción de Sulforafano mediante un tratamiento de Fermentación Láctica en Plantas Crucíferas. Cajeme, Sonora.
- Monia Lenzi, C. F. (2007). El sulforafano como molécula prometedor para combatir el cáncer. *National Library of Medicine*, 90-104.
- Nájera, N. (2004). Cuantificación de sulforafano procedente de glucorafanina en retoños de Brassica oleracea var. itálica por CLAR. <http://biblioteca.usac.edu.gt/> Universidad de San Carlos Guatemala
- Martínez, D.M. (2018). El brócoli: su importancia, propiedades funcionales y biodisponibilidad. *Frontera Biotecnológica-IPN*, 4-9.

Perez, A. R. (2014). Biosíntesis de los Glucosinolatos e Importancia Nutricional Humana y Funciones de Protección a las Plantas . Alimentos Hoy «Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de Alimentos», 64-80.

Rocha. (2012). Calaméo. Obtenido de Sulforafano: <https://www.calameo.com/books/00175220282589c12c4f0>

Rodríguez, M. y. (2014). Biosíntesis del Sulforafano. Obtenido de Enciclopedia de Nutraceuticos Monterrey, N.L.: <http://nutraceuticose53.wixsite.com/enciclopedia-e5/biosntesis-sulforafano>

Yanaka, A., & W., J. (2010). Los brotes de brócoli ricos en Sulforafano. Japón.



# MONITOREO DEL ESTADO DE RESTAURACIONES ECOLÓGICAS CON ÁRBOLES NATIVOS EN EL RIACHUELO, CIUDAD DE BUENOS AIRES, ARGENTINA



*Malena Nadin<sup>1</sup>, Sandra Lagoutte<sup>1</sup>, Ernesto Benito Giardina<sup>1</sup>, Rafael Villalobos Garcia<sup>2</sup>, Yeccan Villalobos Estrada<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires,*

*[mnadin@agro.uba.ar](mailto:mnadin@agro.uba.ar), [lagoutte@agro.uba.ar](mailto:lagoutte@agro.uba.ar), [giardina@agro.uba.ar](mailto:giardina@agro.uba.ar)*

*<sup>2</sup>FES Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, [rafael2f2@gmail.com](mailto:rafael2f2@gmail.com)*

*<sup>3</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, [yeccan@ciencias.unam.mx](mailto:yeccan@ciencias.unam.mx)*



## Resumen

Los arroyos y ríos que atraviesan la Ciudad de Buenos Aires han sido entubados e históricamente utilizados como depósito de los residuos sólidos urbanos que genera la ciudad. Se ha talado la vegetación asociada a estos cuerpos de agua y se ha desplazado la fauna debido a la pérdida de hábitat. En este contexto se realizaron, desde la Agencia de Protección Ambiental de la Ciudad (APRA), forestaciones con árboles nativos en el Riachuelo. Se esperaba contribuir a la restauración de este sitio, la vuelta de la fauna asociada y aumentar la provisión de servicios ecosistémicos. Este proyecto tiene como objetivo monitorear los ejemplares plantados en el Riachuelo para contribuir al éxito de esta forestación y de futuras plantaciones. Para ello se registraron las especies plantadas y su estado de conservación y se detectaron los factores que pueden afectar el establecimiento y desarrollo de los ejemplares en el que habrá una vinculación entre académicos, alumnos y la comunidad interesada ¡Les esperamos!

**Palabras clave:** Riachuelo, Biodiversidad, Forestación, Relevamiento, Plantas Nativas.

## Antecedentes

El Riachuelo forma parte de la cuenca Matanza-Riachuelo, originalmente en la zona se encontraban presentes las ecorregiones de Espinal y Delta e Islas del Paraná (Morello, 2012). El espinal es una ecorregión de la llanura chaco-pampeana que se caracteriza por la presencia de bosques bajos y xerófilos dominados por especies del género *Prosopis*, que varían de densos a abiertos. A su vez, la ecorregión Delta e islas del Paraná está conformada por los valles de inundación de importantes ríos entre los que se incluye el Río de la Plata, por lo tanto, va a estar influenciado por la dinámica fluvial. El tipo de vegetación característico de la ecorregión son los bosques fluviales definidos como formaciones dominadas por especies arbóreas que se desarrollan en los márgenes del río siendo especies típicas *Erythrina crista-galli* (Ceibo), *Myrsine laetevirens* (Canelón) y *Sapium haematospermum* (Curupí) (Morello, 2012).

Por otra parte, las plantas nativas nos proveen servicios ecosistémicos que benefician tanto a la naturaleza como a la sociedad. Al estar mejor adaptadas al clima y al suelo local permiten ahorrar en agua de riego, y posibilitan la regulación del ciclo hidrológico y provisión del agua en cantidad y calidad. También interactúan con las especies de flora y fauna de la región al proveer alimento y refugio para la fauna, al ser polinizadas por insectos y aves y así contribuyen a la conservación de la biodiversidad (Mérida, 2006). Los árboles, además, favorecen la fijación del suelo, lo que previene la erosión del material y crea nichos para que otras especies tanto vegetales como animales puedan crecer y utilizar los árboles como refugio y alimento, capturan carbono y dan sombra (Lara et al., 2003).

En el área de Restauración Ecológica de la Agencia de Protección Ambiental de la Ciudad de Buenos Aires (APRA), se realizó un trabajo de restauración en los márgenes del Riachuelo. Se realizaron forestaciones con árboles nativos desde el año 2016, por lo tanto, era necesario hacer un monitoreo de las forestaciones para ver el estado de los árboles y que permita seguir el progreso de la intervención.

Previo a la intervención del sitio es importante conocer su “Memoria verde” compuesta por factores históricos, políticos y sociales que dan un marco para comprender las

relaciones pasadas y presentes entre los vecinos, sus gestores y demás actores y la cuenca (Benito & Palermo, 2019). Por ello se realizó una búsqueda bibliográfica sobre la memoria verde del Riachuelo para tener en cuenta el contexto en el que se enmarca la reforestación.

### **Objetivo principal**

Monitorear los ejemplares plantados en el Riachuelo como método para contribuir al éxito de esta forestación.

### **Objetivos específicos**

- Registrar las especies plantadas y su estado de conservación.
- Detectar los factores que pueden afectar el establecimiento y desarrollo de los ejemplares.

### **Parte experimental**

Los monitoreos se realizaron en el sitio durante varios días, hasta completar la totalidad de las forestaciones, por 4 o 5 horas cada día aproximadamente, junto a personal técnico de la agencia. Se tomaron los siguientes datos de cada árbol en una libreta de campo: la especie, altura, estado fenológico, presencia de protectores (botellas plásticas reutilizadas que protegen el tallo) tutores y otras observaciones relevantes para el monitoreo como la presencia de ejemplares con cicatrices producto de lesiones provocadas por el mal manejo de las bordeadoras, con ramas quebradas o cubiertos con residuos. Además, se tomaron fotos para tener un registro del estado de los ejemplares y del sitio en general. Luego con toda la información recopilada se pasaron los datos a Excel para ser analizados utilizando gráficos y tablas.

Como introducción al sitio donde se realizaron los monitoreos se puede visualizar en el siguiente mapa la ubicación del Riachuelo en el tramo donde se realizaron las forestaciones (Fig.1).



**Figura 1.** Mapa de la ubicación del tramo forestado del Riachuelo, la superficie forestada aparece en naranja.

Respecto a la memoria verde en el caso de la contaminación del Riachuelo, es complejo porque implica una vasta superficie que ocupa la cuenca en la que conviven múltiples usos del suelo con una alta densidad poblacional en el Área Metropolitana de la Ciudad de Buenos Aires. Hay que remontarse 200 años donde aparecen las primeras causas, cuando se asientan los primeros saladeros dedicados a la faena de ganado con destino prioritario a la exportación de cueros, vertiendo los desechos en las aguas del Riachuelo (PISA, 2010).

Pasaron los años y se fue desarrollando el terreno en la cuenca sin tener en cuenta el impacto ambiental ni la calidad de vida de sus habitantes, como suele pasar en los fenómenos de urbanización., se fueron instalando más industrias del sector químico, petroquímico, alimenticias, curtiembres, frigoríficos, galvanoplastias y metalúrgicas incluyendo al Polo Petroquímico Dock Sud, ubicadas en la parte media y baja de la cuenca (PISA, 2010). Acompañando este desarrollo se fueron instalando villas, asentamientos y barrios populares, concentrados sobre todo en los municipios de Lomas de Zamora, Lanús, Avellaneda, La Matanza y en los límites con Riachuelo, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Merlinsky, 2018). Otro factor importante que contribuye a la degradación ambiental de la cuenca son los numerosos basurales a cielo abierto que se encuentran fuera del circuito legal establecido en el CEAMSE (PISA, 2010).

En el año 2004, un grupo de vecinos afectados por la contaminación de la cuenca lleva la denuncia a instancias judiciales reclamando la recomposición del medio creación

de un fondo para financiar el saneamiento de la cuenca, responsabilizando al Estado Nacional, a la Provincia de Buenos Aires, a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, y a 44 empresas de daños y perjuicios. Esta situación dio origen a la causa “Mendoza Beatriz Silvia y otros C/ Estado Nacional y otros S/Daños y Perjuicios (Daños Derivados de la contaminación Ambiental del Río Matanza-Riachuelo)”. Luego se sumaron a la causa organizaciones de la sociedad civil, ampliándose la demanda hacia los 14 Municipios de la Provincia de Buenos Aires a través de los que se extiende la Cuenca Matanza Riachuelo (PISA, 2016).

Se crea por ley la Autoridad de Cuenca Matanza-Riachuelo (ACUMAR) en el 2006, organismo integrado por Nación, Provincia de Buenos Aires y Ciudad Autónoma de Buenos Aires. Y para 2008 la Corte Suprema de Justicia de la Nación dicta la sentencia definitiva en el marco de la causa Mendoza, ante este histórico fallo se reconoció la existencia de un derecho colectivo vulnerado cuya atención no podía quedar supeditada pura y exclusivamente a la decisión de los poderes públicos, ni librada a criterios de oportunidad y conveniencia de la propia administración. Por ello dispuso la obligación legal de recomponer el daño ambiental existente en la cuenca, imponiendo a las autoridades el deber de obtener resultados que tiendan a satisfacer los objetivos fijados en la sentencia, para garantizar, de manera simultánea: la mejora de calidad de vida de los habitantes, la recomposición del ambiente en todos sus componentes (agua, aire y suelo) y la prevención de daños con suficiente y razonable grado de predicción (PISA, 2016).



**Figuras 2 y 3.** Corte del borde del Riachuelo (Informe APRA, 2018) y foto de la plantación donde se ven las tres zonas.

El emblemático Riachuelo no presenta entubamiento, por lo que permitió que en ambos márgenes se lleven a cabo las plantaciones, del margen norte en Villa Soldati y Villa Riachuelo, CABA y del margen sur en Lanús, aunque los monitoreos se hicieron únicamente del lado de CABA (Figura 3). Las plantaciones se realizaron en los márgenes del arroyo donde hay un estrecho borde entre la avenida, una fila de álamos y el arroyo, y presenta un desnivel importante donde podemos diferenciar la parte alta, la barranca y la parte baja (Figura 2). Estas intervenciones se realizaron desde 2018 y la última en junio de 2019 a lo largo de 3 km lineales 5000 árboles, siendo la mayor forestación de la agencia. Del total de ejemplares plantados se incluyeron 645 ejemplares de “tala común” (*Celtis ehrenbergiana*), declarada en agosto del 2015 por la Legislatura Porteña como “Árbol Emblemático de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires” (Ley GCBA N° 5337/15). Dicha norma establece la “obligación de preservar los ejemplares existentes, la prioridad de plantar ejemplares en plazas, parques y áreas parquizadas públicas y la prohibición de podarlos o extraerlos”.

## Resultados y discusión

Entre los resultados obtenidos del monitoreo, primero se analizó la supervivencia de los árboles que fue del 41%, por lo que menos de la mitad de los árboles plantados sobrevivieron. De los árboles que sobrevivieron algunos se encuentran en buen estado ya que se puede apreciar que han tenido un buen desarrollo, incluso algunos florecieron y fructificaron. En el monitoreo se encontraron 139 ejemplares muertos, muchos de ellos con cicatrices de bordeadora o sepultados con barro y residuos al ser plantados muy cerca de la orilla del Riachuelo.

En cuanto a los factores que podrían afectar a los árboles en el sitio, sobre todos los primeros dos años que es cuando los árboles se arraigan definitivamente (Alvarado Ojeda et al., 2014), los más importantes resultaron: los ejemplares dañados por bordeadora, cubiertos con residuos, inclinados, sepultados por barro, compitiendo con exóticas y por último con ramas quebradas (ver gráfico 1). Es importante resaltar que más del 25% de los ejemplares se encontraron con cicatrices de bordeadora, apareciendo este como el principal factor que compromete la supervivencia de los ejemplares. Otro factor que compromete a la supervivencia y desarrollo de los árboles son los residuos plásticos que se encuentran frecuentemente flotando en el Riachuelo y en las crecidas se depositan en sus márgenes, así como el barro que termina sepultando a los

ejemplares que se encuentran en la parte baja cuando hay crecidas, teniendo en cuenta que el agua y los sedimentos poseen una alta carga de contaminantes.

Por otro lado, un porcentaje cercano al 7% de ejemplares presenta inclinación, aunque los árboles presentan distinto grado de inclinación como mayor a  $45^\circ$  o incluso cercana a la horizontal, esta es una adaptación de los árboles y se puede deber al viento que corre o al peso de otras plantas que los cubren. Se observa que menos del 3% de los ejemplares se encuentra cerca de plantas exóticas como *Sorghum halepense* (Sorgo de alepo), *Ricinus communis* (Ricino) y *Phyllostachys aurea* (cañas), y un muy bajo porcentaje de ejemplares se encuentran sombreados por árboles exóticos como *Populus sp.* (Álamo) y *Morus nigra* (Mora). Además, se observaron ejemplares con ramas quebradas, esto puede ser por vandalismo o por ejemplo, por alguna tormenta. Otro factor observado durante el monitoreo fue la presencia de ejemplares cerca del borde de la ribera donde hay riesgo de derrumbes por encontrarse desprovista de vegetación y porque el mismo suelo presenta una baja estabilidad frente a la acción abrasiva del agua.



**Gráfico 1.** Principales factores que podrían afectar la supervivencia de los árboles en porcentaje de individuos.

Por otra parte, se analizó la presencia de protectores de plástico, tubos de PVC y tutores como factores que podrían afectar la supervivencia de los ejemplares. Como resultado del monitoreo, se vio que cerca del 60% de los ejemplares presenta tutor, 10% presenta protector de plástico y 5% presenta tubos de PVC (ver gráfico 2). En cuanto

a los tutores, cubren un alto porcentaje lo que es un beneficio a los ejemplares, por otro lado, se observó un bajo porcentaje de individuos protegidos ya sea con protectores o con tubos de PVC.



**Gráfico 2.** Porcentaje de ejemplares con presencia de tutores (T) y/o protectores de plástico (P) o tubos de PVC.

## Conclusiones

Desde la bibliografía consultada, hay causas de muerte de los ejemplares que se deben al manejo de los mismos y que son comunes a otras plantaciones de árboles en las ciudades, entre ellas se encuentran la compactación de suelo, el riego insuficiente, el vandalismo, la inadecuada posición en la colocación, las heridas mecánicas y el contacto imperfecto entre raíces y suelo, hay que tenerlas en cuenta para las forestaciones presentes y futuras (Benito & Palermo, 2019) y (Alvarado Ojeda et al., 2014).

Para contribuir a un mejor desarrollo de las plantaciones sobre todo en los primeros años hasta que los árboles se establecen es necesario un manejo integral lo cual se puede hacer incorporando buenas prácticas de manejo trabajando en conjunto con los encargados de la plantación. En todos los arroyos se observaron ejemplares dañados por bordeadora, se sugiere no emplear bordeadora en las inmediaciones de los árboles ya que como se ha visto en el monitoreo esto daña a los mismos (Ledesma, 2008). Esto se puede evitar haciendo una cazuela o taza de plantación que consiste en dejar un diámetro del ancho de la hoyadura sin desmalezar alrededor del tronco del árbol (Alvarado Ojeda et al., 2014), en lo posible hacerlo al ras o incluso sobre el nivel del suelo, ya que al estar cerca del arroyo es probable que se acumule el agua anegando las

raíces. Por otro lado, las tazas de plantación requieren ser limpiadas frecuentemente para que no crezca el pasto. Otra forma de evitar el daño por bordeadora es reemplazando los protectores de plástico con protectores más eficientes como los tubos de PVC (Fracassi et al., 2017), para lo cual es importante el monitoreo ya que al tiempo es necesario retirarlos para que no estrangule al tronco del árbol o se ahoguen los brotes basales. El agregado de tutores es importante para su identificación, para que no sean lastimados por la bordeadora, y que así se puedan encontrar para futuros monitoreos (Benito & Palermo, 2019).

Para el control de especies exóticas se recomienda el anillado de árboles paulatino para evitar que compitan por la luz y el espacio con los árboles plantados y de a poco haya un reemplazo por especies nativas que contribuyan a la restauración del sitio. Finalmente, en la medida de lo posible, se sugiere controlar otras exóticas invasivas como *Ricinus communis* (Ricino) o *Panicum máximum* (Administración de Parques Nacionales, 2007). Debido a la baja supervivencia de los ejemplares plantados en la parte baja de la barranca, por estar en contacto directo con las aguas y sedimentos contaminados del Riachuelo, se recomienda no plantar ejemplares en ese sector. Esta medida debe ser complementaria a otras acciones de remediación del curso de agua, en relación con las plantaciones es lo máximo que podemos hacer por la supervivencia de los árboles en un entorno tan hostil. En el Riachuelo, aunque en los últimos años se avanzó mucho todavía falta una parte importante de la remediación del curso de agua y sedimentos contaminados y la degradación del ambiente. Aunque la reforestación con árboles nativos no sea una medida directa en esta dirección sí ayuda y es muy importante la labor que se ha hecho desde la agencia con esta intervención.

En el Riachuelo donde una gran población se ve afectada por el mismo, es importante incluirlos en la gestión del espacio. Esto se puede lograr con educación ambiental y haciendo participativa tanto la etapa de plantaciones como su seguimiento (Alvarado Ojeda et al., 2014), ya que ellos van a estar presentes luego de la plantación. Se pueden dar capacitaciones sobre plantas nativas, como además aparece en la legislación sobre arbolado urbano (Ley GCBA N° 3263/09), y cómo cuidarlas sumando jornadas de recolección de residuos. Esto contribuye de manera que si los vecinos van a intervenir en el espacio sea conociéndolo, en el sector destinado a esa especie, respetando las cantidades y densidad de plantación, siguiendo los lineamientos de restauración ecológica y plantando especies nativas.

## Referencias

Gobierno de Argentina. Buenos Aires, ACUMAR. (2016). Plan integral de saneamiento ambiental de la cuenca Matanza Riachuelo.

Alvarado O. A., Devia C. S. & Guajardo B. F. (2014). Manual de plantación de árboles en áreas urbanas. Corporación Nacional Forestal, Gerencia Forestal, Departamento de Arbo- rización. Santiago de Chile.

Benito, G.N; Palermo, M. (2019). Planificación y manejo de la plantación del arbolado urba- no. Facultad de Agronomía, UBA.

Ledesma, M. (2008). Arbolado público. Conceptos. Manejo. INTA.

Mérida, E.; J. Athor. (2006). Talaes bonaerenses y su conservación. Fundación de Historia Natural «Félix de Azara». Buenos Aires.

Merlinsky, M. G. (2018). Justicia ambiental y políticas de reconocimiento en Buenos Aires. Perfiles Latinoamericanos, 26(51) pp. 241-263.

Morello J., Matteucc S., Rodríguez A. (2012). Ecorregiones y complejos ecosistémicos argen- tinos. Primera ed. - Buenos Aires: Orientación Gráfica Editora.

Subgerencia Operativa de Restauración Ecológica. Informe Proyecto Producción de Flora Autóctona: El informe técnico del Riachuelo fue redactado por Damer, L. en 2018 por la D.G. de Estrategias Ambientales (APRA).

Ley 3263. Disponible en: <http://www2.cedom.gob.ar/es/legislacion/normas/leyes/ley3263.html>

Ley 5337. Disponible en: <http://www2.cedom.gob.ar/es/legislacion/normas/leyes/ley5337.html>



# USOS ETNOBOTÁNICOS DE PROSOPIS LAEVIGATA EN LA COMUNIDAD DE SAN LUCAS XOLOX, MUNICIPIO DE TECÁMAC, ESTADO DE MÉXICO



*Yeccan Villalobos Estrada*<sup>\*1</sup>, *Diego Antonio Sánchez Villalobos*<sup>2</sup>, *Malena Nadin*<sup>3</sup>, *Rafael Villalobos Garcia*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, [yeccan@ciencias.unam.mx](mailto:yeccan@ciencias.unam.mx)

<sup>2</sup>FES Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México

[migchokayt@gmail.com](mailto:migchokayt@gmail.com), [rafael2f2@gmail.com](mailto:rafael2f2@gmail.com)

<sup>3</sup>Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, [mnadin@agro.uba.ar](mailto:mnadin@agro.uba.ar)



## Resumen

Entre los géneros en botánica más presentes en las zonas áridas y semiáridas se encuentra *Prosopis*. En la zona semiárida hidalguesa abunda *P. laevigata* o Mezquite Blanco, de alta importancia ecológica y es considerada como un valioso recurso para los habitantes de la región (Villanueva et al., 2004). Alrededor de 50 mil hectáreas de vegetación semiárida se degradan anualmente (Challenger, 1998), siendo el sobrepastoreo, la expansión de la frontera agrícola, la ganadería y la extracción de especies útiles las causas principales (Cavazos, 1997). El objetivo del trabajo es identificar los principales usos etnobotánicos de *P. laevigata* en San Lucas Xolox en base a entrevistas y compararlos con los usos presentes en la literatura. Además, se ocuparon herramientas etnobotánicas realizando entrevistas semiestructuradas con campesinos y pobladores del Pueblo de San Lucas Xolox, Tecámec, Estado de México.

**Palabras clave:** Etnobotánica, *Prosopis laevigata*, Mezquite, Códice Xolotl

## Antecedentes

Los ecosistemas en zonas áridas y semiáridas en México son de gran importancia ya que ocupan más de la mitad del territorio mexicano, la flora que las constituye está representada por unas 6 mil especies, de las cuales 50% se restringe a nuestro país (Rzedowski 1991), además de todos los servicios ecosistémicos que ofrecen a la sociedad como alimento, forraje, medicinas, regulación a los ciclos hidrológicos y biogeoquímicos, así como nicho ecológico para fauna silvestre.

Estas zonas están asociadas con comunidades arbustivas que, de acuerdo con Rzedowski (1988), reciben el nombre de matorral xerófilo, donde alternan con pastizales y con algunos manchones aislados de vegetación arbórea o los denominados bosques espinosos. Uno de los géneros de plantas más presente en estas zonas es el mezquite (*Prosopis spp.*) el cual tiene su origen fitogeográfico en África donde persiste una sola especie; *P. africana*, con características poco especializadas (Dávila, 1983). A nivel mundial hay 44 especies, 42 en América y 9 son nativas de Norteamérica (Rzedowski, 1988) todas presentes en México, las cuales son: *P. glandulosa*, *P. juliflora*, *P. velutina*, *P. pubescens*, *P. reptans*, *P. articulata*, *P. tamaulipana*, *P. palmeri* y *P. laevigata*.

Presenta un amplio rango ecológico que le permite ser localizado en zonas con temperaturas medias que van de 20 a 29° C, con precipitaciones que oscilan entre 350 y 1,200 mm anuales, se encuentra desde el nivel del mar hasta los 2,050 msnm distribuyéndose en la vertiente del pacífico, desde Michoacán hasta Oaxaca y en la del Golfo en Nuevo León, Tamaulipas y el norte de Veracruz, en la depresión central de Chiapas y en las regiones altas centrales del país. Además, desde tiempos precolombinos para los pueblos nómadas que habitaban en zonas áridas y semiáridas del Norte-Centro de México, fue y sigue siendo un árbol muy importante por ser un gran alimento esencial en la dieta por altos niveles nutricionales por la proteína presente en las semillas de la vaina (CONAZA, 1994).

Cuando *Prosopis* se encuentra con mayor dominancia en un ecosistema esta es llamada mezquital y está establecido en más de 3.5 millones de hectáreas en México, en específico en la zona semiárida hidalguense abunda *P. laevigata* (*Humb. et Bonpl. ex Willd.*), comúnmente llamado Mezquite Blanco, especie nativa de México, con una amplia distribución geográfica, ecológica y es considerada como un valioso recurso para los habitantes de las zonas áridas y semiáridas del país (Villanueva et al., 2004).

La importancia ecológica de esta especie, al ser una leguminosa es fijadora del nitrógeno,

enriquece el suelo a su alrededor, promueve el crecimiento de matorrales y de esta manera previene la erosión del suelo. Funciona como especie nodriza, además da sombra y refugio para la fauna silvestre y doméstica, a la vez por ser una eficaz fuente de alimento y de un microambiente característico bajo su cubierta foliar; también actúa como indicador de profundidad del manto freático (freatofita) por su sistema radicular en busca del agua (Rodríguez Saucedo et. al., 2014), de esta manera influye mucho en la estructura del suelo para la percolación del agua y recarga de los mantos freáticos.

El efecto de la perturbación sobre la diversidad y composición de especies vegetales se ha documentado poco en los ecosistemas áridos y semiáridos (Valenzuela Nuñez, et. al. 2012). Sin embargo, alrededor de 50 mil hectáreas de vegetación semiárida están siendo degradadas por año (Challenger, 1998), a causa del sobrepastoreo, la expansión de la frontera agrícola, la ganadería y la extracción de especies útiles son las causas principales de la perturbación de la cobertura vegetal (Cavazos, 1997).

Es justamente por esta falta de documentación e investigación de los recursos en zonas áridas y semiáridas, que se identificó un sitio de estudio, el pueblo de San Lucas Xolox que se encuentra dentro de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), situado en el norte del municipio de Tecámac del Estado de México, dicho pueblo como el resto de las zonas periurbanas de la ZMVM enfrentan problemas de urbanización, en especial este sitio de estudio limita con la actual construcción del Aeropuerto Internacional Felipe Ángeles, que atenta contra la conservación de los recursos naturales. Para este sitio de estudio tiene una vegetación de Matorral Xerófilo y Mezquital predominando las especies de la familia de las leguminosas (Mezquite, Huizaches, Palo dulces) y de los géneros de Opuntia (Nopales y abrojos), Mammillaria (biznagas), Agaves y Yuccas.

La historia del pueblo de San Lucas Xolox se remonta a los tiempos precolombinos, a partir del Códice de Xolotl se sabe que llegaron grupos nómades del norte de México llamados Chichimecas en el periodo del posclásico temprano (950-1150 d. C.). Este grupo de nómadas venía siendo comandadas por Xolotl el cual llega al Cerro de San Lucas Xolox (hoy territorios del municipio de Tecámac) y de ahí manda a su gente a hacer exploraciones a toda la cuenca para conocer más sobre el territorio, viendo que había un par de ciudades que estaban en ruinas pero encontraron a grupos Otomíes en Xaltocan y en la parte sur de la CDMX. Acabando la exploración, finalmente Xolotl construye la cabecera de su sociedad en Tenayuca (hoy municipio de Tlalnepantla), donde queda un sitio arqueológico.

En este estudio se utilizó un enfoque desde la etnoecología, esta se define como: el estudio de cómo los grupos tradicionales organizan y clasifican su conocimiento del ambiente y los procesos ambientales (Brosius et al., 1986). En particular esta disciplina se nutre de varias disciplinas precursoras: etnobiología, agroecología, etnociencia y geografía ambiental, de las cuales toma herramientas y metodologías de investigación (Toledo, 1992). Esta herramienta nos ayuda a comprender y resolver la problemática de la degradación de las zonas áridas y semiáridas.

## Objetivos

Identificar los principales usos etnobotánicos de *P. laevigata* en San Lucas Xolox en base a entrevistas y compararlos con los usos presentes en la literatura.

## Metodología

Se inició con trabajo de campo para la identificación de la especie a partir de las fichas técnicas de *Prosopis*. Para la parte de investigación de los usos etnobotánicos principales de *Prosopis laevigata* en la literatura se realizó una búsqueda en las plataformas virtuales BIDI-UNAM, Atlas de la Medicina Tradicional de México UNAM, utilizando las palabras clave: *Prosopis laevigata*, usos y etnobotánica. En relación a la investigación de los usos etnobotánicos de *P. laevigata* en San Lucas Xolox, se partió de una investigación de registros históricos y antropológicos del sitio de estudio, donde se consultó la mediateca INAH y las plataformas anteriores utilizando las palabras clave: Códice Xolotl, chichimecas, San Lucas Xolox, Xoloc y mezquite; Para concluir con la investigación en el sitio de estudio se realizaron entrevistas con preguntas semiestructuradas en su mayoría abiertas para que la entrevista fuera más fluida dirigido a campesinos, ejidatarios y vecinos del Pueblo de San Lucas Xolox mayores de 50 años de edad ya que cuentan con la experiencia y recuerdos tanto de ellos y sus antepasados.

## Resultados y discusión

Se identificó la especie *P. laevigata* de acuerdo con la ficha técnica de CONAFOR-CONABIO (2004):

- **Reino:** *Plantae*
  - **División:** *Magnoliophyta*
    - **Clase:** *Magnoliopsida (Dicotiledóneas)*
      - **Subclase:** *Rosidae*
        - **Orden:** *Fabales*
          - **Familia:** *Fabaceae*
            - **Género:** *Prosopis*
              - **Nombre científico:** *Prosopis laevigata (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst.*
- **Forma biológica:** Es un árbol o arbusto espinoso, caducifolio o perennifolio, que puede alcanzar alturas hasta de 13 m con un diámetro del tronco a la altura del pecho (DAP) hasta de 1m, por lo general de 30 a 60 cm de color café-negruzco, algo fisurada; Copa más ancha que alta con un diámetro de hasta 15 m; ramas glabras o pilosas con abundantes espinas estipulares de 1 a 4 cm de largo; Raíces: pueden llegar a más de 50 m de profundidad; Hojas (a) pecioladas compuestas parbipinadas con 1 a 3 pares de pinnas y cada una con 10 a 20 pares de folíolos; Las flores (b) miden de 4 a 10 mm, son bisexuales, con 5 sépalos y 10 estambres, agrupadas en inflorescencias en forma de espigas/racimos densa de 5 a 10 cm de largo y color amarillo verdoso; El fruto (c) es de color café-amarillento o rojizo violáceo de 10 a 30 cm de longitud por 8 a 15 mm de ancho, puede ser plano o cilíndrico en la madurez y contiene 12 a 20 semillas, comprimidas de 8 a 10 mm de largo, de color blanco-amarillento (CONAFOR-CONABIO, 2004).
- **Fenología:** Las hojas pueden presentar caída en invierno. La época de floración inicia en febrero a marzo y termina de abril a mayo; la floración coincide con el renuevo de los folíolos. La fructificación ocurre en los meses de junio a julio (CONAFOR-CONABIO, 2004).

Los primeros registros históricos del mezquite son en el período del posclásico temprano (950-1150 d. C.), debido a que los grupos nómadas provenientes del norte de México (llamados Chichimecas) no contaban con una escritura (códices principalmente) y estos grupos al llegar a la Cuenca del Valle de México pasan por procesos de aculturación

con otros grupos que ya estaban asentados en la cuenca, esto da como resultado el intercambio de conocimientos, en este caso la escritura y la agricultura (Portilla, 1967). Los códices que se tienen como resultado de este proceso de aculturación está el Códice Xolotl, que además es parte de la historia del sitio de estudio de este trabajo, otros registros importantes son los Códices Tlotzin, Quinatzin y de Tepechpan; además de los registros de relatos de Fernando de Alva ixtlilxóchitl.

En el Códice de Xolotl encontramos representado la ubicación del Mezquite dentro de la cuenca principalmente el de la plancha IX·X (Cabrera, 2001), también hay registros en el Códice Florentino y Mendocino donde es una descripción más botánica, de acuerdo con los glifos y registros fonéticos es probable que también se le llamará como mizquicuahuitl, donde cuahuitl significa “árbol” (Thouvenot, 1987), esto quiere decir que se describe al Mezquite en su forma biológica como árbol. Finalmente, en el registro del fray Bernardino de Sahagún y en el Florentino hacen referencia al mezquite como quetzalmízquitl, porque tienen mejor madera y mejor fruto aunque también se registró en el Códice de Tudela como quetzalmízquitl haciendo referencia a un árbol sagrado (López Austin, 2018).

Los principales usos del Mezquite recopilados por Rodríguez Saucedo et. al. (2014) son:

**Tabla 1. Principales usos del Mezquite.**

Uso	Descripción
<i>Maderable</i>	Se utiliza en la elaboración de muebles artesanales, en la elaboración de otros artefactos resistentes como durmientes, parquets (tablas de madera para pisos), duela, hormas para zapatos, mangos de herramientas y utensilios de cocina, además de utilizarse para la construcción en las zonas rurales. Se procesa en forma de brazuelos, tablas y tablonés, postes para cerca, trozas en rollo.
<i>Combustible</i>	Se utilizan las ramas para la preparación de alimentos, calentamiento de agua y hornos o para la calefacción de los hogares. Los campesinos recolectan los volúmenes necesarios para satisfacer sus necesidades a corto plazo, aunque en ocasiones colectan excedentes para su comercialización. Otro producto combustible derivado del mezquite de gran importancia económica es el carbón, que se obtiene por calentamiento de madera en ausencia de aire.
<i>Forraje</i>	El principal producto no maderable del mezquite es el fruto llamado vaina, utilizada como alimento para el ganado, en forma de harina, aunque también se realiza el ramoneo, que consiste en el consumo de hojas y brotes tiernos del mezquite.
<i>Goma</i>	Son exudados liberados principalmente de polisacáridos, tiene semejanza con la goma arábiga. Existen dos tipos de gomas: una blanca o de color ambarino que se usa en medicina popular; la otra goma es de color negro, rígida, quebradiza con elevado contenido de taninos y que se usa como colorante. Las características de las gomas del mezquite indican su potencial para ser utilizadas como sustituto de las gomas importadas en la industria alimentaria y farmacéutica.
<i>Alimento</i>	Se consumen las <i>semillas que son altamente nutritivas por gran porcentaje de proteína, este se prepara</i> ya sea en forma de harina para la preparación de pan o mezquitamal. En el caso para preparar bebidas primero se hace la melaza o miel de mezquite para posterior realizar el mezquiatole, Debido a su alto contenido en azúcar también está documentado la realización de una bebida fermentada. Además, las <i>inflorescencias se tiene registrado que se comían pero indirectamente</i> sostienen en buena medida la producción apícola en las regiones áridas.
<i>Medicinal</i>	Además de la goma también, <i>la corteza de la raíz</i> se ha utilizado en cocción para curar heridas, como vomitivo y purgante (disentería). <i>El jugo de las hojas</i> se dice curativo para algunas enfermedades oculares y de su cocción se obtiene bálsamo de mezquite. <i>Las flores del mezquite</i> en cocción sirven como vomitivo y purgante. Se consulta en el Atlas de Plantas Medicinales de México donde hace la observación de que no hay registros de estudios farmacológicos por lo que es necesario realizarlos para poder complementar en un futuro a los usos del Mezquite.

Luego de la búsqueda bibliográfica de los usos del Mezquite, se procedió a realizar las entrevistas para identificar los usos actuales y los que recuerdan. Por cuestiones de la pandemia se pudieron realizar únicamente 5 entrevistas a mujeres y 2 a hombres con edades de 54 a 76 años, todos campesinos en mayor o menor medida, es decir por la edad o por cuestiones laborales contratan a jornaleros para que les ayuden a hacer las labores de campo.

La primera pregunta que se les realizó fue si ¿acostumbran subir al cerro?, dos personas dijeron que no, una es por la edad y su condición física que no le permite subir y la otra porque solo subía a las festividades del pueblo pero por pandemia ya no han subido desde hace dos años. En la segunda pregunta ¿Identificas el Mezquite? Todos

mencionaron que sí y de hecho hicieron hincapié en que no es el mismo que el Huizache. En la tercera pregunta ¿Identificas alguna alguna variedad? Solo una persona mujer diferencia las variedades a partir del color de la vaina, usos y distribución en el cerro con las siguientes categorías: Mezquite morada, mancuerna, de cerro, blanco y dulce. Con respecto a los usos que le siguen dando contestaron con lo que ellos han visto o realizan, además resultó interesante porque todos mencionaron los mismos, excepto en los últimos dos usos:

- Leña
- Como fruta, el cual es un uso esporádico pero mencionan que la época de colecta/cosecha es entre junio y julio cuando está tierno y jugosa la vaina, si se quiere consumir como fruta después de estas fechas comentan que el fruto estará pasado o podrido por las lluvias.
- Forrajero (cuando sacan a pastorear a sus animales al cerro).
- Árbol de navidad (solo una mujer identificó este uso porque ella lo práctica, lo que consiste es ir al cerro arrancar la planta y con eso usarlo como árbol de navidad).
- Alimento de Fauna Silvestre (Solo una mujer lo identificó como un uso especificando que lo ocupan tlacuaches y cacomixtles).

### **Ahora los usos que recuerdan son:**

- Melaza o miel de mezquite (Solo una mujer recordó este uso y que ya no lo lleva a cabo porque requiere mucha leña para su cocción), para la realización de la melaza comentan que se requiere dejar secar la vaina, posteriormente trocearlo y dejarlo hervir hasta que espese lo cual puede tardar un par de horas y con ello posteriormente se puede preparar:
  - Atole
  - Agua Fresca
- Herramientas agrícolas en especial la Yunta y Azadón, además como material de construcción en la elaboración de Tejamanil.
- Goma o Brea como pegamento (Solo una persona lo comento)
- Medicinal ocupando la raíz del mezquite y sus ramas, su modo de preparación

consiste en una infusión con la planta trompetilla (*Bouvardia ternifolia*) usando su flor y esto sirve para la presión

- Por último, el dato que todos recordaban es que hacían sus juguetes con el mezquite en especial las resorteras y para que no se desgastaran en el tlecuil sobre el fuego dejaban cocer un poco la rama para que fueran más firmes.

Al final de la entrevista se les preguntó si ¿Algo les gustaba o disgustaba de este árbol?, solo un hombre comentó que no le gustaba porque tiene espinas y puede ponchar las llantas de su auto. Las demás personas no dijeron si les disgustaba o no, pero cerraron diciendo que el Mezquite era el alimento de los abuelos y el fruto de la niñez para ellos. Es tanta la diversidad de usos que se tienen en la literatura que resulta interesante ver y comparar los usos que prevalecen en la comunidad de San Lucas Xolox, en un panorama general podemos ver que el Pueblo de San Lucas Xolox identificó bastantes usos aunque muchos de ellos ya no se usan, pues solo recuerdan que sus familiares lo acostumbraban. El único uso que no se logra identificar en la comunidad con respecto a la literatura es la harina de mezquite y otros usos medicinales, para estos puntos es complicado afirmar si hubo una pérdida de conocimiento o son usos que no se acostumbraban. Es interesante preguntarse ¿Por qué esta disminución de los distintos usos del Mezquite en la comunidad?, que sin duda lo único que trae consigo es la pérdida de identidad bicultural en las nuevas generaciones. Poder contestar esta pregunta es compleja, ya que va desde cuestiones de las estructuras socioagrícolas y la distribución de la tierras ejidales y cuestiones históricas desde la conquista por los Españoles hasta por eventos como la globalización y la revolución industrial donde estas etapas intensificó el campo agrícola con la Revolución Verde dejando de lado el conocimiento tradicional que se tenía del aprovechamiento de los recursos naturales del Cerro y de tradiciones agrícolas. Cabe destacar la falta de investigación de los usos medicinales si bien hay testimonios y está documentado en relatos, faltan evidencias sólidas en la área de la farmacología por otro lado, el uso de la Goma en la industria alimenticia está bastante estudiado como alternativa a las gomas que se traen del extranjero; así todas estas ventajas que trae *Prosopis* desde usos alimenticios, forrajeros, medicinales y culturales se están desarrollando propuestas para incluirlo en sistemas agroecológicos en especial para la restauración de las tierras agrícolas en zonas semiáridas y áridas.

## Conclusiones

Los trabajos etnobotánicos son una gran herramienta para analizar nuestro entorno desde una perspectiva socio-histórica y ambiental, en el caso del mezquite en San Lucas Xolox se ve que hay una disminución de sus usos, llevando consigo una pérdida biocultural, es decir la pérdida del conocimiento tradicional el cual se traduce en la degradación de los ecosistema, y con ello los diversos Servicios Ambientales que son esenciales para la vida. Actualmente el árbol del Mezquite es una gran alternativa para incorporar en sistemas agroforestales por todo los usos que puede llegar a tener y de los beneficios ambientales, en especial para las zonas degradadas en ecosistemas áridos y semiáridos como Tecámac.

Esta investigación será fundamental para empezar a generar un acervo de usos etnobotánicos presentes en el cerro de Xolox con la finalidad de llegar a entender las relaciones etnoecológicas y agroecológicas para así plantear un manejo racional de los recursos naturales del Cerro de Xolox atendiendo las actuales problemáticas que enfrenta. Además, esta investigación deja como evidencia los problemas que puede traer la pérdida del conocimiento y con ello una pérdida de identidad biocultural, surgiendo así problemas socioambientales.



## Referencias

Brosius P, Lovelace GW, Marten GG (1986). Ethnoecology: An Approach to Understanding Traditional Agricultural Knowledge. In Marten GG. (Ed.), *Traditional Agriculture in Southeast Asia: A Human Ecology Perspective* (pp. 187-198). Westview Press, Boulder, pp. 187-198.

Carbajal Cabrera, R. (2001), *Elementos de flora y fauna del Códice Xolotl*. UNAM, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala.

- Cavazos, D. R. (1997). Uso múltiple de los matorrales en el norte de México. *Ciencia Forestal en México*, pp. 3-26.
- Challenger, A. (1998). Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. CONABIO-Instituto de Biología UNAM. Agrupación Sierra Madre. México, D. F. 847 p.
- CONAFOR-CONABIO (2004), Ficha Técnica de *Prosopis laevigata*, (SIRE-Paquetes Tecnológicos) Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/988Prosopis%20laevigata.pdf>
- CONAZA. (1994). De mezquite, talamontes sin permiso están causando un daño ecológico severo al campo de la laguna. no. 120. Disponible en: <http://www.scribd.com/doc/449655/mezquite>
- Davila (1983). El Mezquite (*Prosopis* spp.) De: [http://fenix.cichcu.unam.mx/libroe\\_2006/0965822/07\\_c03.pdf](http://fenix.cichcu.unam.mx/libroe_2006/0965822/07_c03.pdf)
- Plan de Desarrollo Municipal de Tecámac 2019-2021, Disponible en: <https://www.tecamac.gob.mx/public/upload/tecamac/pdmtecamac.pdf>
- De Sahagún, B. Historia general de las cosas de la Nueva España II (Párrafo séptimo).
- López Austin, A. (2018). “La división dual primaria”, *Arqueología Mexicana*, edición especial núm. 83, pp. 23-25.
- López Austin, Alfredo, Descripción de medicinas en textos dispersos del libro xi de los Códices Matritense y Florentino. Disponible en: <https://www.mesoweb.com/es/articulos/sub/Medicinas.pdf>
- Rodríguez Saucedo et. al. (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) EN MÉXICO, *Ra Ximhai*, vol. 10, núm. 3, pp. 173-193, Universidad Autónoma Indígena de México.
- Rzedowski, J. (1988). “Análisis de la distribución geográfica del Complejo *Prosopis* en Norteamérica”, *Acta botánica Mexicana*, num. 3, México, pp. 7-9.
- Thouvenot, M. (1987). *Códice Xolotl: Estudio de uno de los componentes de su escritura: glifos* Diccionario de elementos constitutivos de los glifos. París
- Toledo, V. M. (1992). What is ethnoecology? *Etnoecológica*, Vol. 1 No. 1.
- Valenzuela, L. M., Rivera, M., Trucios, R., & Ríos, J. C. (2012). Características ecológicas y dasométricas de dos comunidades con mezquite (*Prosopis laevigata* (Humb. et Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnston en el estado de Durango. *Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable*, 3(1), 32-38.
- Villanueva D. et. al. (2004). El mezquite en la Comarca Lagunera. Su dinámica, volumen maderable y tasas de crecimiento anual. *Agrofaz*. 4(2):633–648.

# RELACIÓN DE LA PRESENCIA DE AUTOANTICUERPOS ANTI-IFN $\gamma$ Y COVID-19



*Paulina Cortes Acevedo<sup>1</sup>, Rainer Döffinger<sup>2</sup>, Gabriela Barcenás Morales\*<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM*

*[pau\\_corace@hotmail.com](mailto:pau_corace@hotmail.com), [gbarcenás2019@gmail.com](mailto:gbarcenás2019@gmail.com)*

*<sup>2</sup>Department of Immunology, Addenbrooke's Hospital, Cambridge, UK.*



## Resumen

Estudios recientes han identificado altos niveles de auto-Ab's neutralizantes contra INF's tipo I en pacientes con COVID-19. Sin embargo, no existen publicaciones sobre la presencia de auto-Ab's anti-IFN $\gamma$  en pacientes con infecciones por SARS-CoV2. Por lo tanto, el objetivo fue analizar relación de la presencia de auto-Ab's anti-IFN $\gamma$  con el desarrollo del cuadro clínico de COVID-19. Se empleó la técnica Luminex para la detección de anticuerpos contra la proteína S trimerica de SARS-CoV2 y de auto-Ab's anti-IFN $\gamma$  en muestras séricas humanas de individuos clínicamente sanos, pacientes asintomáticos y pacientes enfermos. El análisis de estos resultados sugiere una participación del IFN $\gamma$  en la respuesta inflamatoria en el desarrollo de la enfermedad, así mismo los auto-Ab's anti-IFN $\gamma$  se desarrollan durante el curso de la infección con capacidad neutralizante limitada.

**Palabras clave:** anti-IFN $\gamma$ , auto-Ab's , COVID-19, SARS-CoV2.

## Antecedentes

El SARS-CoV-2 es un virus perteneciente a la familia de los coronavirus y es causante de la enfermedad por coronavirus de 2019 (COVID-19); el genoma del virus SARS-CoV-2 está comprendido por una cadena de RNA en sentido positivo y codifica cuatro proteínas estructurales, siendo la proteína espiga (S, *spike*), la proteína de envoltura (E, *envelope*), la proteína de membrana (M, *membrane*) y la proteína nucleocápside (N, *nucleocapsid*); se considera que las proteínas S y N son los inmunógenos principales del virus (Hu *et al.*, 2020; Yang & Wang, 2020; Zhu *et al.*, 2020).

La activación del sistema inmune y la producción de citocinas proinflamatorias es esencial para la respuesta anti-viral (Sherwani & Khan, 2020), sin embargo, la hiperactivación del sistema inmune puede resultar en la liberación de una gran cantidad de citocinas proinflamatorias (tormenta de citocinas) (Huang *et al.*, 2020; Lucas *et al.*, 2020; Yang *et al.*, 2020). En pacientes con infección por SARS-CoV-2, esta tormenta de citocinas, caracterizada por altos niveles de IL-6, IL-18, IFN- $\gamma$ , IL-15, TNF $\alpha$ , IL-1 $\alpha$ , IL-1 $\beta$  e IL-2 (Blanco-Melo *et al.*, 2020; Huang *et al.*, 2020; Karki *et al.*, 2021; Valle *et al.*, 2020) es asociada a la presentación de síntomas sistémicos de severidad variable, sugiriendo una correlación directa entre la tormenta de citocinas y daños en pulmones, fallas multiorgánicas y prognosis desfavorables (Jose & Manuel, 2020; Mehta *et al.*, 2020).

Los interferones (IFNs) de tipo I y II son citocinas producidas durante la infección viral y regulan la respuesta inmune. Los IFNs tipo I son secretados por células dendríticas plasmocitoides y se han reportado como necesarios para una respuesta a la infección por SARS-CoV2. El IFN tipo II, conocido como IFN $\gamma$ , se produce principalmente por células NK y en menor proporción por células T y macrófagos, sin embargo, el papel del IFN $\gamma$  en la respuesta inmune contra SARS-CoV2 es menos definido. Por otra parte, el impacto de auto-Ab's anti-IFN $\gamma$  en la severidad de COVID-19 no ha sido previamente explorado.

## Objetivo

Analizar la relación de la presencia de auto-Ab's anti-IFN $\gamma$  con el desarrollo del cuadro clínico de COVID-19.

## Parte experimental

Se evaluaron un total de 130 muestras séricas humanas incluyendo cuatro muestras de pacientes con infecciones por micobacterias no tuberculosas (NTM) previamente detectados como positivos a anti-IFN $\gamma$ , 56 individuos clínicamente sanos, 31 pacientes asintomáticos (COV-Asx) y 39 de pacientes con cuadros clínicos correspondientes a COVID-19 (COV-Pat). Para el ensayo serológico de detección de anticuerpos contra SARS-Cov2, la proteína S trimérica del virus SARS-Cov2 se acopló covalentemente a microesferas de poliestireno carboxiladas (Bio-Plex; Bio-Rad Laboratories), así mismo se emplearon sistemas IFN $\gamma$ -microesferas para la detección de auto-Ab's anti-IFN $\gamma$ . La detección de anticuerpos contra la proteína S trimérica de SARS-Cov2 y anti-IFN $\gamma$  se realizó en forma independiente mediante el ensayo Luminex. Brevemente, consistió en incubar 1 h a 37C y en oscuridad los sistemas de microesferas con las muestras séricas diluidas 1/100 empleando microplacas con filtro de 96 pozos (Multiscreen® HTS, Millipore, Cat. No. MSBVN1210). Los líquidos fueron retirados por un sistema de filtración a vacío y se lavaron tres veces con 10 mM PBS/0.05% Tween 20 y agitación a TA durante 3 min. Posteriormente, los sistemas se incubaron 30 min con agitación constante a 37 C con anti-IgG-Humana-Fc-PE (Leinco/Biotrend, Germany) y se lavaron como se describió anteriormente. Finalmente, se adicionaron 120 ul de PBS-T/pozo y se agitaron las placas por 3 min para realizar la lectura en el Lector Luminex 100 utilizando el software Bio-Plex manager V 3.0.

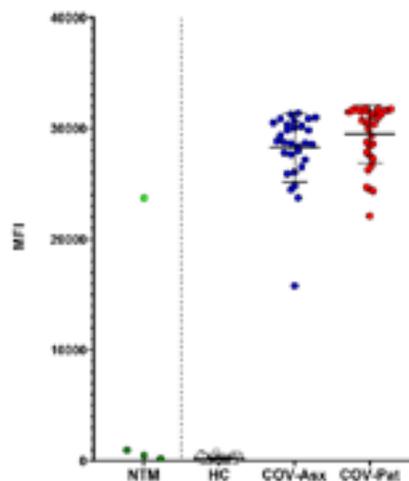
## Resultados y discusión

Los resultados del ensayo serológico de detección de anticuerpos contra la proteína S trimérica de SARS-CoV2 (**Figura 1**) permitieron confirmar la exposición al virus en los grupos COV-Pat y COV-Asx. Por otra parte, se detectaron altos niveles de anticuerpos anti-SARS-CoV2 S en una muestra del grupo de pacientes con infecciones por NTM previamente identificados como positivos a auto-Ab's anti-IFN $\gamma$  (NTM), mientras que en el grupo de individuos clínicamente sanos (HC) no se detectaron altos niveles de anticuerpos anti-SARS-CoV2 S.

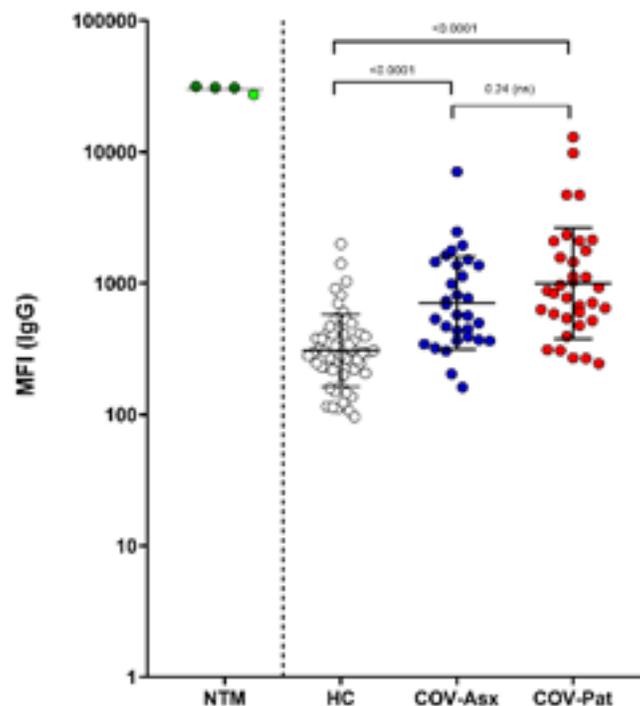
Para determinar si los auto-Ab's anti-IFN $\gamma$  estaban asociados al desarrollo del cuadro clínico de COVID-19, se evaluaron las muestras de los diferentes grupos para la detección de estos auto-Ab's (**Figura 2**), observando un incremento mayor en los niveles

de anti-IFN $\gamma$  en los pacientes COV-Asx y COV-Pat al compararse con los individuos HC, así mismo, los valores de auto-Ab's anti-IFN $\gamma$  fueron menores a los presentados en el grupo de pacientes con NTM. Sin embargo, no hubo una diferencia significativa entre los diferentes grupos de pacientes analizados.

En el presente estudio se determinó una posible relación entre la presencia de auto-Ab's anti-IFN $\gamma$  y el desarrollo de COVID-19 en los grupos de pacientes asintomáticos y enfermos, detectando altos niveles de anti-IFN $\gamma$  en ambos de ellos, no observando una relación directa entre la presencia de estos auto-Ab's y la presentación del cuadro clínico de COVID-19, como se reporta para los auto-Ab's contra los IFN tipo I, en donde se observó una relación entre la presencia de altos niveles de anti-IFN $\alpha$  y anti-IFN $\omega$  y el desarrollo de cuadros clínicos más severos de COVID-19 (Bastard *et al.*, 2020). Sin embargo, estos resultados sugieren que la aparición de auto-Ab's anti-IFN $\gamma$  se desarrolla durante el curso de la infección por SARS-Cov2 y se podría especular que su capacidad neutralizante contra IFN $\gamma$  es limitada al no observar una diferencia significativa entre los grupos COV-Pat y COV-Asx.



**Figura 1. Niveles de anticuerpos IgG contra la proteína S trimérica de SARS-CoV2.** Niveles determinados en pacientes con infecciones por micobacterias no tuberculosas (NTM), Individuos clínicamente sanos (HC), Pacientes asintomáticos (COV-Asx) y pacientes con cuadros clínicos de COVID-19 (COV-Pat)



**Figura 2. Niveles de autoanticuerpos anti-IFN $\gamma$ .** Niveles determinados en pacientes con infecciones por micobacterias no tuberculosas (NTM), Individuos clínicamente sanos (HC), Pacientes asintomáticos (COV-Asx) y pacientes con cuadros clínicos de COVID-19 (COV-Pat). Los valores de P se calcularon asumiendo una distribución no gaussiana mediante la prueba U de Mann-Whitney

Por otra parte, en modelos experimentales, se ha observado que la IFN $\gamma$  promueve susceptibilidad por SARS-CoV2 al incrementar la expresión de ACE2 (Heuberger *et al.*, 2021), sin embargo, los resultados sugieren que la completa ausencia de IFN $\gamma$  podría no estar relacionada con el control del virus, no obstante esta citocina podría participar en la respuesta hiperinflamatoria y el daño pulmonar como reporta Karki y colaboradores en 2021, en donde demostraron que IFN $\gamma$  actúa sinérgicamente con TNF $\alpha$  a nivel de tejido local promoviendo la activación de macrófagos y daño pulmonar (Karki *et al.*, 2021; Zhang *et al.*, 2021).

Considerando la alta prevalencia de pacientes con auto-Ab's anti-IFN $\gamma$  en el Sureste de Asia (Hase *et al.*, 2017), un análisis de sobre la relación del desarrollo de COVID-19 en estos pacientes podría ofrecer un panorama más específico sobre la participación de IFN $\gamma$  en casos severos de COVID-19

## Conclusiones

Los altos niveles de auto-Ab's anti-IFN $\gamma$  detectados en los pacientes asintomáticos y enfermos se desarrollan durante el curso de la infección por SARS-CoV2, sin embargo, no se observó una relación directa entre la presencia de estos auto-Ab's y la presentación del cuadro clínico de COVID-19, deduciendo que la capacidad neutralizante de estos auto-Ab's podría ser limitada; así mismo, el estudio ofrece un panorama de la participación de IFN $\gamma$ , sugiriendo que esta citocina puede estar involucrada en el la respuesta inflamatoria al virus pero no participa en el control de la infección.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen a la UNAM el financiamiento del proyecto PIAPI2009 y al CONACYT por la beca con número 829997 otorgada a Paulina Cortes Acevedo.



## Referencias

- Bastard, P., Rosen, L. B., Zhang, Q., Michailidis, E., Hoffmann, H.-H., Zhang, Y., Dorgham, K., Philippot, Q., Rosain, J., Béziat, V., Manry, J., Shaw, E., Haljasmägi, L., Peterson, P., Lorenzo, L., Bizien, L., Trouillet-Assant, S., Dobbs, K., Jesus, A. A. de, ... Casanova, J.-L. (2020). Autoantibodies against type I IFNs in patients with life-threatening COVID-19. *Science*, 370(6515). <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.ABD4585>
- Blanco-Melo, D., Nilsson-Payant, B. E., Liu, W.-C., Uhl, S., Hoagland, D., Møller, R., Jordan, T. X., Oishi, K., Panis, M., Sachs, D., Wang, T. T., Schwartz, R. E., Lim, J. K., Albrecht, R. A., & tenOever, B. R. (2020). Imbalanced Host Response to SARS-CoV-2 Drives Development of COVID-19. *Cell*, 181(5), 1036. <https://doi.org/10.1016/J.CELL.2020.04.026>
- Hase, I., Morimoto, K., Sakagami, T., Ishii, Y., & van Ingen, J. (2017). Patient ethnicity and causative species determine the manifestations of anti-interferon-gamma autoantibody-associated nontuberculous mycobacterial disease: a review. *Diagnostic Microbiology and Infectious Disease*, 88(4), 308–315. <https://doi.org/10.1016/J.DIAGMICROBIO.2017.05.011>
- Heuberger, J., Trimpert, J., Vladimirova, D., Goosmann, C., Lin, M., Schmuck, R., Mollenkopf, H.-J., Brinkmann, V., Tacke, F., Osterrieder, N., & Sigal, M. (2021). Epithelial response to IFN- $\gamma$  promotes SARS-CoV-2 infection. *EMBO Molecular Medicine*, 13(4), e13191. <https://doi.org/10.15252/EMMM.202013191>
- Hu, B., Guo, H., Zhou, P., & Shi, Z.-L. (2020). Characteristics of SARS-CoV-2 and COVID-19. *Nature Reviews Microbiology* 2020 19:3, 19(3), 141–154. <https://doi.org/10.1038/s41579-020-00459-7>
- Huang, C., Wang, Y., Li, X., Ren, L., Zhao, J., Hu, Y., Zhang, L., Fan, G., Xu, J., Gu, X., Cheng, Z., Yu, T., Xia, J., Wei, Y., Wu, W., Xie, X., Yin, W., Li, H., Liu, M., ... Cao, B. (2020). Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet (London, England)*, 395(10223), 497. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30183-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30183-5)
- Jose, R. J., & Manuel, A. (2020). COVID-19 cytokine storm: the interplay between inflammation and coagulation. *The Lancet. Respiratory Medicine*, 8(6), e46–e47. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(20\)30216-2](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(20)30216-2)
- Karki, R., Sharma, B. R., Tuladhar, S., Williams, E. P., Zalduondo, L., Samir, P., Zheng, M., Sundaram, B., Banoth, B., Malireddi, R. K. S., Schreiner, P., Neale, G., Vogel, P., Webby, R., Jonsson, C. B., & Kanneganti, T.-D. (2021). Synergism of TNF- $\alpha$  and IFN- $\gamma$  Triggers Inflammatory Cell Death, Tissue Damage, and Mortality in SARS-CoV-2 Infection and Cytokine Shock Syndromes. *Cell*, 184(1), 149. <https://doi.org/10.1016/J.CELL.2020.11.025>
- Mehta, P., McAuley, D. F., Brown, M., Sanchez, E., Tattersall, R. S., Manson, J. J., Collaboration, H. A. S., & UK. (2020). COVID-19: consider cytokine storm syndromes and immunosuppression. *Lancet (London, England)*, 395(10229), 1033.

[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30628-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30628-0)

Sherwani, S., & Khan, M. W. A. (2020). <p>Cytokine Response in SARS-CoV-2 Infection in the Elderly</p>. *Journal of Inflammation Research*, 13, 737–747.

<https://doi.org/10.2147/JIR.S276091>

Valle, D. M. del, Kim-Schulze, S., Huang, H.-H., Beckmann, N. D., Nirenberg, S., Wang, B., Lavin, Y., Swartz, T. H., Madduri, D., Stock, A., Marron, T. U., Xie, H., Patel, M., Tuballes, K., Oekelen, O. van, Rahman, A., Kovatch, P., Aberg, J. A., Schadt, E., ... Gnjatic, S. (2020). An inflammatory cytokine signature predicts COVID-19 severity and survival. *Nature Medicine*, 26(10), 1636. <https://doi.org/10.1038/S41591-020-1051-9>

Yang, P., & Wang, X. (2020). COVID-19: a new challenge for human beings. *Cellular & Molecular Immunology* 2020 17:5, 17(5), 555–557. <https://doi.org/10.1038/s41423-020-0407-x>

Zhang, F., Mears, J. R., Shakib, L., Beynor, J. I., Shanaj, S., Korsunsky, I., Nathan, A., Donlin, L. T., & Raychaudhuri, S. (2021). IFN- $\gamma$  and TNF- $\alpha$  drive a CXCL10+ CCL2+ macrophage phenotype expanded in severe COVID-19 lungs and inflammatory diseases with tissue inflammation. *Genome Medicine* 2021 13:1, 13(1), 1–17. <https://doi.org/10.1186/S13073-021-00881-3>

Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., Song, J., Zhao, X., Huang, B., Shi, W., Lu, R., Niu, P., Zhan, F., Ma, X., Wang, D., Xu, W., Wu, G., Gao, G. F., & Tan, W. (2020). A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *https://Doi.Org/10.1056/NEJMoa2001017*, 382(8), 727–733. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2001017>

# DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DEL HATO PARA INCORPORARLO EN UNA PLATAFORMA DIGITAL SOBRE EL MANEJO REPRODUCTIVO EN EL HATO DE BOVINOS PRODUCTORES DE LECHE DE LA FES CUAUTITLÁN



*Mayrem Rosalin Guerrero Chávez, Alan Olazábal Fenochio, Alejandro Valdez Santamaria, Alicia Alcantar Rodríguez, Juana Alicia Alquicira Camacho, Ernesto Valencia Gutiérrez, Marcelino Sánchez Montoya, Norhan Cortes Fernández De Arcipreste, María del Carmen Espejel del Moral\**

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[wayrew@gmail.com](mailto:wayrew@gmail.com), [maryespejel@cuautitlan.unam.mx](mailto:maryespejel@cuautitlan.unam.mx)*



## Resumen

Los parámetros reproductivos son indicadores del desempeño del hato. El módulo de bovinos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán cuenta con 42 vacas lecheras, en él los alumnos realizan prácticas para integrar los conocimientos teóricos adquiridos; la información de cada vaca se encuentra en tarjetas reproductivas de cartón. El objetivo es diseñar y elaborar un sistema de gestión reproductivo del hato, para colocarla en una plataforma digital. Se presenta la primera parte del proyecto, que consta de la elaboración de una base de datos que incluye la identificación de cada vaca y los datos reproductivos, además de un banco de imágenes de cada animal para su identificación. La segunda parte consistirá en elegir, elaborar y poner en marcha la plataforma digital. Con esta herramienta, los alumnos, aumentarán sus competencias y habilidades al integrar sus conocimientos teóricos con el trabajo de campo.

**Palabras clave:** parámetros reproductivos, gestión del hato, reproducción animal

## Antecedentes

La medición del desempeño del hato es una parte fundamental en los sistemas de producción de leche, dicha medición se realiza evaluando indicadores cuantitativos denominados parámetros. Los registros son básicos para identificar las oportunidades de mejora, permiten tomar decisiones, verificar el progreso hacia el logro de los objetivos establecidos y tener una empresa que produzca más leche y así apoyar a la seguridad alimentaria. Existen múltiples variables reproductivas, genéticas, ambientales y alimentarias que en conjunto permiten obtener la información necesaria para conocer la productividad económica de la empresa ganadera. Hasta hace poco, los datos reproductivos se registraban solamente en tarjetas de cartón, sin embargo, en los sistemas de producción de leche actuales es común vaciar los registros en computadora para poder calcular los diferentes parámetros, analizarlos y tenerlos disponibles en varios dispositivos. En el módulo de bovinos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, los registros reproductivos de cada vaca están disponibles, en tarjetas de cartón, para los alumnos que asisten a sus prácticas. Dicha situación implica invertir tiempo para realizar un análisis integral y es poco práctico, además de ser un ejercicio que en la vida profesional cada vez es menos frecuente. Lo ideal es que toda la información esté disponible y actualizada durante las clases prácticas para que los alumnos logren hacer un sencillo y preciso análisis de la situación, que permita tomar las decisiones adecuadas, de manera integral, para lograr los objetivos planteados durante su sesión práctica. El sistema de gestión del hato colocado en la plataforma digital será una herramienta de transferencia de conocimientos, en donde los alumnos mejoraran sus competencias al demostrar y ejecutar el aprendizaje adquirido, generando un escenario participativo en el que dejarán de ser receptores de información para ser agentes activos que puedan hacer frente a diferentes situaciones de la realidad de manera efectiva.

## Marco Teórico

En la actualidad, la formación de los futuros profesionistas se encuentra sujeta a las demandas de los avances disciplinarios y tecnológicos, así como a las políticas nacionales e internacionales. Según Irigoyen *et al.* (2011) las necesidades educativas actuales incluyen: “un nuevo concepto de los saberes, los que ya no se consideran como entidades estáticas y reproducibles, según el modelo del saber transmitido por el docente; la integración de las fuentes de conocimiento externas a la institución escolar en la revisión y diseño de los programas de estudio, incorporando una visión de los profesionales que conciben en su totalidad las situaciones a las que se verán enfrentados; la reflexión respecto de la difusión generalizada del conocimiento y la disponibilidad del mismo, considerando las limitaciones referidas a la adquisición y operación de la tecnología informática, la capacidad de acceso, tratamiento y asimilación del saber” En este sentido se sugiere basar la educación en el desarrollo de competencias; la competencia profesional se define como la conducta real del individuo durante el ejercicio de su profesión. Es decir, la capacidad que un profesionista tiene de actuar con eficacia en cierto tipo de situaciones mediante la puesta en marcha de conocimientos y habilidades. Dichas competencias se enriquecen y amplían en función de la experiencia, de los retos enfrentados y de los problemas solucionados (Jonnaert, 2006; Perrenoud, 2007). De tal forma que el diseño de situaciones didácticas que impliquen desafíos para aprender, sean alternativas que mejoren el proceso de enseñanza aprendizaje, favoreciendo que los estudiantes se comprometan y autorregulen en procesos de adquisición de competencias. La finalidad es que las universidades sean un espacio que contribuya al desarrollo integral de los estudiantes mediante oportunidades de aprendizaje que les permita integrar lo aprendido para utilizarlo en su actuar profesional acorde con las exigencias del entorno laboral. Las tecnologías de información y comunicación (TIC) para mejorar el desarrollo de competencias en los estudiantes son herramientas que complementan, enriquecen y transforman la educación, los entornos virtuales de enseñanza aprendizaje pueden ser considerados como un tipo especial de espacio o situación, en el que se realiza un proceso de enseñanza-aprendizaje en línea (Kane, 1992; Cabero, 2006).

## Justificación

Los estudiantes universitarios deben adquirir y dominar no solamente contenidos teóricos, sino también una serie de habilidades y competencias que les permitan su inserción óptima en el mercado laboral. La elaboración del sistema de gestión del hato insertado en la plataforma digital proporcionará un espacio virtual en donde los alumnos de las asignaturas Introducción a la Zootecnia, Reproducción Animal, Zootecnia de Bovinos Productores de Leche, Clínica Bovina, así como alumnos interesados en realizar proyectos de investigación o Servicio Social podrán contar con la información integral y actualizada sobre la vaca o sobre el hato, como se realiza en la práctica profesional. Con esta herramienta los estudiantes dejarán de ser acumuladores de conocimiento para ser usuarios críticos capaces de obtener, analizar, establecer resultados y generar conocimiento, con esto se valdrán de sus habilidades para mejorar su aprendizaje de manera cada vez más eficaz y autónoma. Los alumnos demostrarán y ejecutarán su aprendizaje al realizar la evaluación y el análisis de los datos para que tomen las mejores decisiones y mejorar la producción de leche, con este ejercicio adquirirán competencias para hacer frente de manera efectiva a las situaciones que se le presentarán en su labor profesional.

## Objetivo

Diseñar y elaborar un sistema de gestión del hato para ubicarlo en una plataforma digital sobre el comportamiento reproductivo del hato lechero de bovinos de la FESC con el propósito de que los alumnos al utilizarla aumenten sus competencias y habilidades al integrar sus conocimientos teóricos con el trabajo de campo.

## Metodología

### ***1. Primera parte del trabajo:***

- 1.- Realizar el formato de la base de datos y el cálculo de los parámetros con los siguientes apartados: identificación y registros reproductivos.
- 2.- Realizar una base de datos que contenga la identificación y datos reproductivos.
- 3.- Anexar los apartados correspondientes a la genética del hato, que incluirá:

1) identificación, permitirá reconocer a cada vaca, se incluye el número de arete, la raza del animal, genealogía, sexo, fecha de nacimiento y el origen; 2) registros reproductivos, con éstos se podrá conocer todos los eventos relacionados con la reproducción que han ocurrido en la vida de cada animal, se incluye la fecha de parto, tipo de parto, intervalo entre parto, inseminaciones, secado, etc.

4.- Se estimarán los parámetros reproductivos por vaca y del hato (los resultados del hato se calcularán mensual y anualmente): tasa de preñez, número de detección de celos, número total de inseminaciones, número de servicios por concepción, tasa de preñez, etc.

5.- Se diseñará la autoevaluación de los alumnos mediante ejercicios de simulación aplicados a la vida real en donde completen tareas o procesos que demuestren su habilidad para aplicar conocimiento y destrezas.

### ***II. Segunda parte del trabajo:***

1.- Determinar los requerimientos de la plataforma digital y plantear las características operacionales.

2.- Llevar la información a la plataforma digital

3.- Establecer el funcionamiento de la plataforma digital, de ser necesario se incorporarán consideraciones sobre la implementación tecnológica, se comprobará que se realicen correctamente las tareas indicadas y se corregirá la descripción completa de la plataforma digital para realizar el manual del usuario.

### **Resultados y discusión**

Las pérdidas debidas a la baja eficiencia reproductiva pueden afectar económicamente la producción en los establos lecheros. De acuerdo con Luna Cardozo (2021), un sistema de gestión del hato permite alcanzar los objetivos y metas establecidas para ser eficiente. Según Hernández (2016), el manejo reproductivo en un hato lechero se inicia con la identificación de cada vaca y con el registro de la información en las tarjetas reproductivas. La matriz de datos realizada presenta un apartado de identificación y otro sobre los registros reproductivos.

Los métodos de identificación utilizados para la matriz son: número de arete, raza del animal, genealogía, sexo, fecha de nacimiento y el origen. Además, para la plataforma

se cuenta con un registro fotográfico reciente de cada individuo en donde se observa la vaca completa de lado izquierdo y derecho, así como una toma de frente en donde se observa su arete. Actualmente se recomienda realizar una identificación biométrica en donde se incluyen huellas de hocicos, patrones de iris y patrones vasculares de la retina. Sin embargo, no contamos aún con la infraestructura necesaria para realizarlo y se decidió emplear un método clásico de identificación (Awad, 2016).

En el apartado correspondiente a los registros reproductivos se incluye edad a la pubertad, edad a primer servicio, edad a primer parto, la fecha de parto, días del parto al primer estro, días del parto al primer servicio, intervalo parto-concepción, número de parto, tipo de parto, intervalo entre partos, fecha de inseminación, clave del inseminador, nombre del toro utilizado, número de servicios, porcentaje de concepción al primer servicio, porcentaje de concepción, servicios por concepción, días abiertos, diagnóstico de gestación, porcentaje de fertilidad total, fecha de secado, fecha probable de parto y el estado actual de la vaca. Con esta información se evalúan las vacas posparto, vacas sin servicio y las vacas para diagnóstico de gestación, permitiendo realizar una evaluación integral de los procesos reproductivos, midiendo la eficiencia reproductiva del hato e incluso la incidencia de enfermedades (Parker-Gaddis *et al.*, 2012; Dougal *et al.*, 2014; Hernández, 2016).

Actualmente se realiza la segunda parte del proyecto, se están evaluando diferentes plataformas para elegir la que sea de fácil uso, intuitiva y amigable para los usuarios.

## Conclusiones

Hoy en día los sistemas productores de leche sistematizan sus procesos y datos, dejando atrás solamente el uso de tarjetas e implementando herramientas digitales que les permita contar con la información reproductiva en cualquier momento para su análisis. En la primera parte de este trabajo se diseñó y elaboró un sistema de gestión del hato que incluye la identificación y los datos reproductivos de las vacas lecheras de la FESC, información proporcionada por el personal académico-administrativo responsable del hato. La información obtenida a partir del sistema de gestión del hato permitirá realizar una caracterización detallada del comportamiento reproductivo del hato bovino lechero, facilitando la planeación, ejecución y control de las actividades relacionadas con la reproducción.

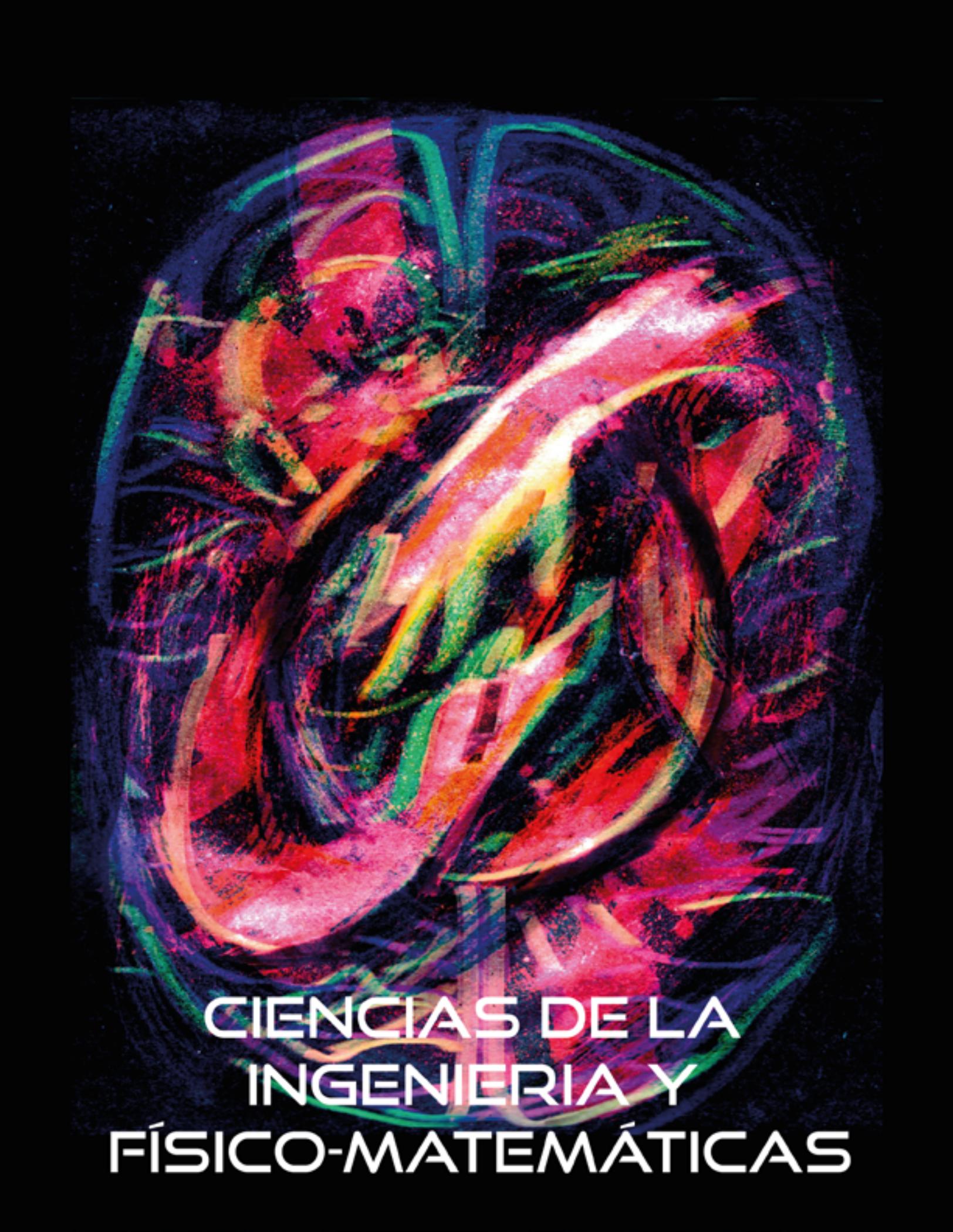
## Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNAM-DGAPA por el financiamiento del proyecto PAPIME PE204520, así como a los PAPIIT IN219620, IN205421 y al PIAPI 2030.



## Referencias

- Awad, A.I. (2016). From classical methods to animal biometrics: A review on cattle identification and tracking. *Computers and Electronics in Agriculture* 123, 423-435.
- Cabero, J. (2006). Bases pedagógicas del e-learning, *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 3 (1).
- Hernández, J. (2016). Fisiología Clínica de la Reproducción de Bovinos Lecheros <https://doi.org/10.22201/fmvz.9786070286902e.2016> Disponible en [https://fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/electronicos/ele\\_007\\_020.html](https://fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/electronicos/ele_007_020.html).
- Irigoyen, J.J.; Jiménez, M.Y.; Acuña, K.F. (2011). Competencias y educación superior. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 16(48), 243-266.
- Jonnaert, P. (2006). Revisión de la competencia como organizadora de los programas de formación: hacia un desempeño. Ginebra: Oficina internacional de Educación, BIE / UNESCO. (M. Universidad de Quebec, Ed.) Montreal: Observatorio de reformas educativas. Disponible en: [http://www.ibe.unesco.org/fileadmin/user\\_upload/COPs/Pages\\_documents/Competencies/ORE\\_Spanish.pdf](http://www.ibe.unesco.org/fileadmin/user_upload/COPs/Pages_documents/Competencies/ORE_Spanish.pdf).
- Kane, M.T. (1992). "The assessment of professional competence". *Education and the Health Professions*; 15:163-182.
- Luna Cardozo, M.; Roca Cedeño, A.; Guevara-Viera, G.; Guevara-Viera, R. (2021). Management Indicators System for a Dairy Farm with Cattle. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(6), 3884–3891.
- McDougall, S.; Heuer, C.; Morton, J.; Brownlie, T. (2014). Use of herd management programmes to improve the reproductive performance of dairy cattle *Animal*, 8:s1, pp 199–210. doi:10.1017/S1751731114000457.
- Parker Gaddis, K. L.; Cole, J.B.; Clay, J.S.; Maltecca, C. (2014). Genomic selection for producer-recorded health event data in US dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 97:3190–3199.
- Perrenoud, P. (2007). Diez nuevas competencias para enseñar. Disponible en: <https://www.uv.mx/dgdaie/files/2013/09/Philippe-Perrenoud-Diez-nuevas-competenciaspara-ensenar.pdf>.



CIENCIAS DE LA  
INGENIERIA Y  
FÍSICO-MATEMÁTICAS

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE EVALUACIÓN Y DESARROLLO DE SISTEMAS DIGITALES UTILIZANDO MICROCONTROLADOR PIC 16F877



*Zósimo Ismael Bautista Bautista<sup>1\*</sup>, Adriana González Flandez<sup>2</sup>, Gustavo Juárez Sevilla<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, [zbautista@ipn.mx](mailto:zbautista@ipn.mx)

<sup>2</sup>ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, [agonzalezf1302@alumno.ipn.mx](mailto:agonzalezf1302@alumno.ipn.mx)

<sup>3</sup>ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, [gjuarezs1800@alumno.ipn.mx](mailto:gjuarezs1800@alumno.ipn.mx)



## Resumen

En este trabajo se expone el diseño para implementar la tarjeta de desarrollo electrónico basado en microcontrolador. Se utiliza una herramienta para la elaboración de circuitos impresos como es el software EAGLE 7.1.0 light, para diseñar el circuito esquemático e implementar una tarjeta de desarrollo con características muy específicas para aplicaciones en procesos industriales, ya que la tarjeta cuenta con un microcontrolador PIC 16F877, que es capaz de controlar dispositivos como sensores y actuadores que son muy importantes en el campo de la automatización y el control. La utilización de dispositivos electrónicos se aplica a dicha tarjeta de desarrollo y se utiliza la tecnología de los microcontroladores, este circuito electrónico es un controlador de interfaz periférico (Peripheral Interface Controller), el cual se enlaza a un entorno de software para su programación con MPLAB, en un lenguaje de alto nivel. Se especifican también periféricos como: puertos de entrada y salida, puertos de comunicación, así como el circuito integrado A4988, que es un controlador bipolar que permite manejar un motor paso a paso bipolar.

**Palabras clave:** Diseño, Implementación, Sistemas Digitales, Microcontroladores

## Antecedentes

El desarrollo cada vez más acelerado de los microcontroladores ha sido posible debido a las tecnologías recientes que incorporan miles de transistores en un circuito integrado (Gil 1999).

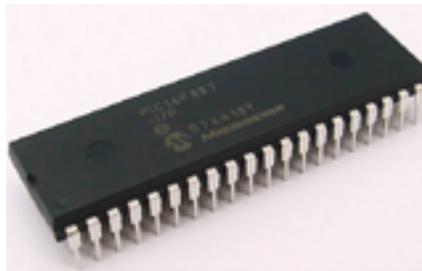
La capacidad de integración permite que todos los elementos de un sistema microprocesador puedan incluirse en un solo chip, el cual recibe el nombre de microcontrolador (Avalos 2009).

Un microcontrolador es un circuito integrado que contiene la Unidad Central de Proceso (CPU), que, a su vez, está formada por una unidad de control, la cual interpreta las instrucciones ejecutadas y el camino de los datos. Los pines de un microprocesador habilitan las líneas de sus buses de direcciones y control, para permitir conectarle la memoria de datos temporales (RAM) y de programa (ROM), los periféricos de entrada/salida y configurar un sistema con microprocesador, con varios circuitos integrados dentro de una misma placa de circuito impreso. Todos los microcontroladores disponen de bloques esenciales: procesador, memoria de datos e instrucciones, líneas de entrada/salida (Avalos 2009).

El PIC16F877 es un microcontrolador de gama media, que integra convertidores A/D, comparadores analógicos e interrupciones externas. Además, existen modelos con memoria de programas rom, EPROM y EEPROM. Cuenta con un repertorio de 35 instrucciones de 14 bits, ocho niveles de Pila y vector de interrupción (Angulo 1999). Con el uso de la tecnología de los microcontroladores y diferentes herramientas que existen para la elaboración de circuitos impresos se puede lograr la implementación de tarjetas de desarrollo para aplicaciones específicas en el área de la automatización de sistemas digitales en procesos industriales. Tal es el caso de este proyecto que utilizó específicamente un microcontrolador PIC 16F887 que se muestra en la Fig. 1, para integrarlo a la tarjeta de desarrollo ya que dispone de todos los componentes disponibles en la mayoría de los microcontroladores modernos. Por su bajo precio, un rango amplio de aplicaciones, alta calidad y disponibilidad, es una solución perfecta

aplicarlo para controlar diferentes procesos en la industria, en dispositivos de control de máquinas, para medir variables de procesos etc. En este proyecto también se generó una tarjeta electrónica para acondicionamiento de señales utilizando transistores BC 547 y resistencias de precisión (Godínez sin año).

Y se aplicó a un sistema capaz de singularizar defectos específicos en el producto resultante del embotellado de una bebida preparada con mezcal para su clasificación y reubicación en el proceso.



**Figura 1.** *Microcontrolador PIC 16F887*

### Software EAGLE 7.1.0 light

Este software se utiliza para el diseño de la tarjeta de desarrollo que cubre el uso del Editor esquemático (EAGLE Schematic Editor), así como Layout Editor y el Autorouter para generar el diseño en 3D. Se inicia el diseño a partir del Editor Esquemático para trabajar con el circuito electrónico y posteriormente se definen los elementos a utilizar y la posición que ocupan dentro de la tarjeta hasta lograr con el autorouting el diseño en tercera dimensión. EAGLE es un editor gráfico para el diseño de circuitos impresos y esquemáticos. Para correr EAGLE se requiere lo siguiente:

- Windows 7.
- Linux basaso en kernel 2.6 para intel.
- Una resolución gráfica de 1024 x 768 pixeles.
- El Layout Editor.
- Panel de control.

Después de iniciar EAGLE, el panel de control se habilita, lo que permite cargar y guardar proyectos y conocer los parámetros del programa para el diseño del circuito. Se accede a los proyectos y se accede al menú para empezar un nuevo proyecto New/Project.

El árbol de menú permite rápidamente acceder a la biblioteca de los componentes con los que cuenta EAGLE. Para diseñar una nueva placa con el Eagle 7.1.0 primero se crea el esquema de la tarjeta de desarrollo y después se diseña en la placa de circuito impreso. En el 'Control Panel' de Eagle se crea un nuevo proyecto para la placa. Los componentes para nuestro esquema están ordenados y guardados en librerías por lo que debemos seleccionar las librerías que vamos a necesitar:

*Tabla 1. Componentes utilizados*

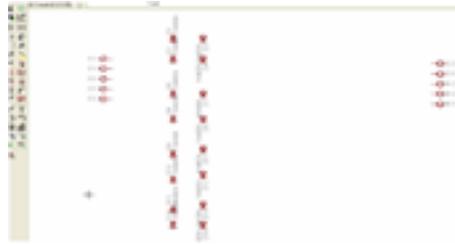
Librería	Contenido
con-wago-500	Conectores y bornas paso 5mm
diode	Diodes
optocoupler	Optoacopladores
res	Resistencias y condensadores
holes	Aperturas para las placas

Se selecciona la librería con Wago 500 como se muestra en la Fig. 2. Se seleccionan los bornes y se colocan en el esquema.



**Figura 2.** Entorno de componentes en el software EAGLE

Se colocan los componentes con un orden y se distribuyen espaciados, después se dibujan los hilos de unión entre ellos. No se deben juntar los componentes, y es mejor unirlos después con hilos, como se muestra en la Fig. 3.



**Figura 3.** Colocación de componentes en el software EAGLE

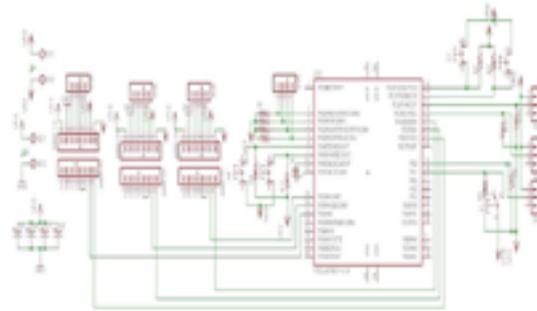
### Objetivo(s)

- El objetivo de este proyecto fue el diseño y la implementación de una tarjeta de desarrollo para aplicaciones de sistemas digitales en la automatización de procesos industriales. Para cumplir con este objetivo, se cumplieron diversas metas que fueron las siguientes:
- El estudio, análisis y operación de la tarjeta de desarrollo para su aplicación en sistemas digitales para la automatización de procesos industriales.
- Diseño y simulación del circuito electrónico utilizando el software EAGLE 7.1.0 light.
- Diseño electrónico de la tarjeta de desarrollo.
- Implementación de la tarjeta de desarrollo para su utilización en la automatización de procesos.
- Utilización de la tarjeta y puesta en marcha en el proceso del mezcal.
- Implementación de otra tarjeta electrónica para el acondicionamiento de señales.
- Análisis de resultados y corrección de fallas del prototipo elaborado.

### Desarrollo

A continuación, se realiza el estudio y análisis de operación de la tarjeta electrónica, sus características, programación, así como la simulación e implementación y funcionamiento del prototipo obtenido, se utilizaron las especificaciones de la hoja de fabricante del microcontrolador PIC 16F887 para su correcto funcionamiento y los periféricos utilizados (PIC16F87X sin año)

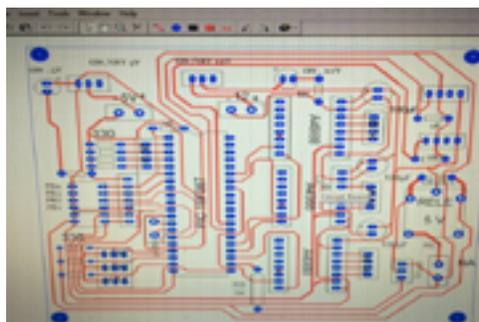
A continuación, se explica concretamente cada una de las etapas del proyecto. En la primera etapa se diseña la tarjeta en el software Eagle, para agregar todos los componentes activos y pasivos que se utilizan en la tarjeta de desarrollo y una vez finalizado el diseño del esquema, se muestra en la Fig. 4.



**Figura 4.** Componentes utilizados para la tarjeta de desarrollo en el software EAGLE

Generación de una Placa a partir de un Esquema, después de cargar un esquema del que se desea diseñar una placa, se elige la opción BOARD en la barra de herramientas. En la segunda etapa se generó el diseño del circuito en el Editor esquemático de EAGLE, como se muestra en la Fig. 5.

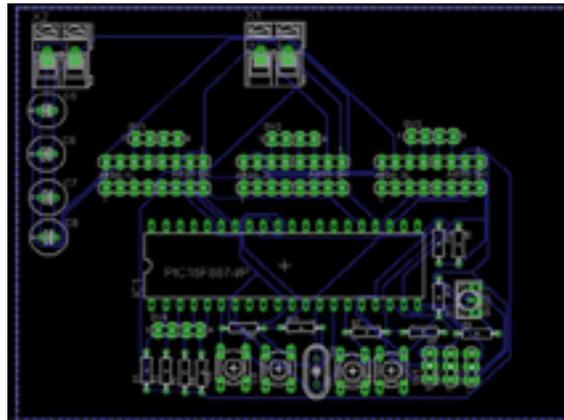
Utilizando la programación de microcontroladores y el uso de la electrónica se diseña la tarjeta haciéndole pruebas para su correcto funcionamiento y se integra el proyecto en una tarjeta de circuito impreso listo para su utilización sin ninguna falla en el diseño.



**Figura 5.** Circuito en el Editor Esquemático en el software EAGLE

## Circuito impreso

Ahora se diseña la placa de circuito impreso, en el Editor Layout, como se muestra en la Fig. 6. Donde se observa la ventana del diseño de la placa con los componentes afuera de ella, y se mantiene abierta la ventana del esquema para que el diseño del esquema y de la placa sean consistentes y sujetos a posibles cambios.



**Figura 6.** Circuito en el Editor Layout del software EAGLE

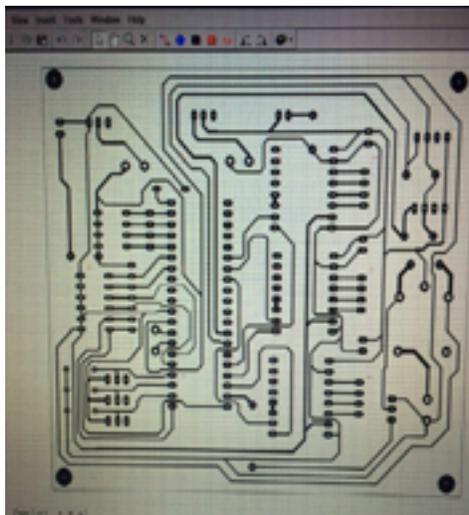
Las líneas que unen los componentes corresponden con las uniones que se hacen con los hilos en el esquema lo que ayuda a la hora de dibujar las pistas de la placa. Una vez colocados y ajustado por las líneas que indican la conexión entre patillas, queda de la siguiente manera. Para visualizar la distancia más corta de esas uniones se utiliza 'Ratsnets':

Ahora se procede a que Eagle diseñe el trazado de las pistas automáticamente, como se muestra en la Fig. 7.



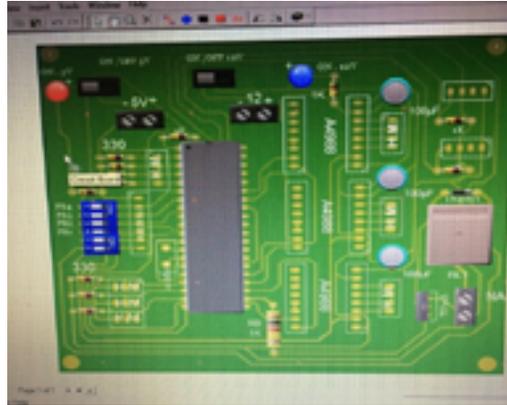
**Figura 7.** Trazado automático del circuito con el software EAGLE

Una vez terminado el trazado automático se crea la placa del circuito impreso con las pistas del circuito de la tarjeta de desarrollo, como se muestra en la Fig. 8

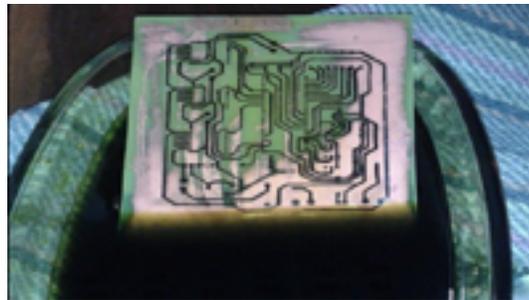


**Figura 8.** Placa del circuito impreso para la tarjeta de desarrollo

Con esto se crea el circuito de la tarjeta en 3D y en placa fenólica, como se muestra en la Fig. 9 y en la Fig. 10 respectivamente.



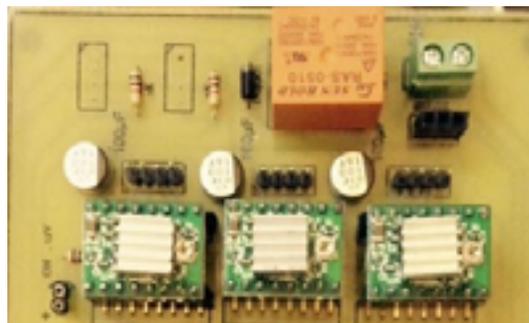
**Figura 9.** Placa del circuito impreso para la tarjeta de desarrollo.



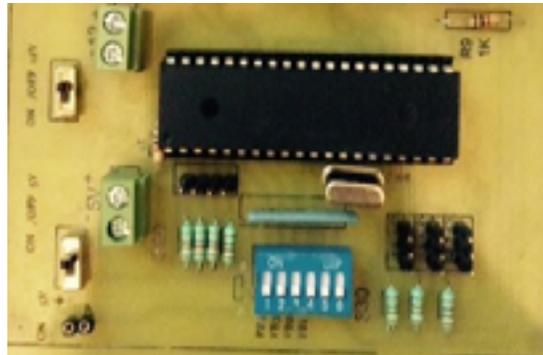
**Figura 10.** Placa del circuito impreso en tablilla fenólica

## Resultados

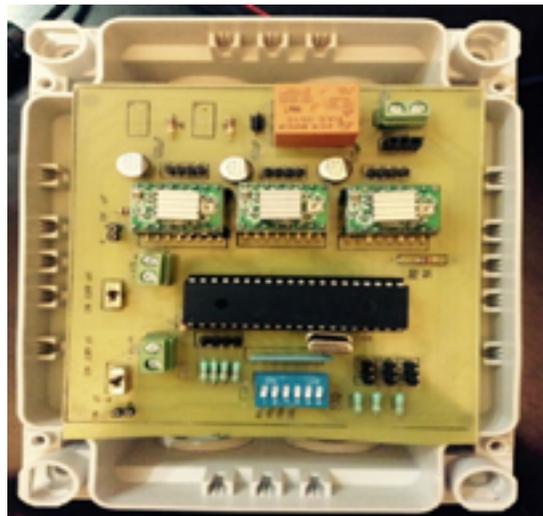
Como resultado final se tiene la tarjeta de desarrollo, como se muestra en la figura 11, 12, 13 y 14.



**Figura 11.** *Etapa de potencia de la tarjeta de desarrollo*



**Figura 12.** *Etapa de control de la tarjeta de desarrollo*



**Figura 13.** *Tarjeta de desarrollo montada en un gabinete*



**Figura 14.** *Tarjeta de acondicionamiento de señales*

## Conclusiones

Podemos concluir que los objetivos planteados inicialmente se cumplieron en su totalidad. Y que con la implementación de esta tarjeta de desarrollo y la tarjeta para acondicionamiento de señales podemos aplicarlos para la automatización de procesos industriales, como en proceso del mezcal para singularizar defectos específicos en el producto resultante del embotellado de una bebida preparada con mezcal para su clasificación y reubicación en el proceso, utilizando servomotores.

Con la utilización del microcontrolador PIC 16F887 se pueden generar diferentes aplicaciones donde se tienen elementos primarios de medición y actuadores, que es lo que se encuentra instalado en cualquier planta industrial y a partir de esto se puede automatizar. Se han generado las herramientas necesarias para que los alumnos de noveno semestre de la carrera de Ingeniería en Control y automatización puedan utilizar estos prototipos para poder realizar su proyecto de titulación.

## Agradecimientos

Este trabajo se pudo realizar gracias a la colaboración de los alumnos y docentes de la Carrera de Ingeniería En Control y Automatización de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica unidad Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional, y quien proporcionó los medios, así como la utilización de los Laboratorios.

## Referencias

Angulo Usategui J. M., Romero Yesa, S., Angulo Martínez, I., (1999), Microcontroladores <<PIC>>. Diseño práctico de aplicaciones. Segunda parte: PIC16F877, McGraw Hill.

Avalos Vargas A., (2009), Sistema de Control para un Telescopio con montura Ecuatorial usando un PIC16F877, Tesis de licenciatura, Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México, México.

Gil Padilla, A. J., Remiro Domínguez, F., Cuesta García, L. M., (1999) Lógica Digital y Microprogramable, McGraw Hill.

Godínez M. A., Práctica No. 7 “Microcontrolador PIC16F84A. Sistema mínimo y MPLAB”, Electrónica Digital para Instrumentación.

PIC16F87X Data Sheet, 28/40-Pin 8-Bit CMOS FLASH Microcontrollers, disponible en <http://www.microchip.com>.

# AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TUBOS DE ACERO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE



*Adriana González Flandez<sup>1\*</sup>, Zósimo Ismael Bautista Bautista<sup>2</sup>, Armando Flores Jaime<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, [agonzalezf1302@alumno.ipn.mx](mailto:agonzalezf1302@alumno.ipn.mx)

<sup>2</sup>ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, [zbautista@ipn.mx](mailto:zbautista@ipn.mx)

<sup>3</sup>ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, [afloresj@ipn.mx](mailto:afloresj@ipn.mx)



## Resumen

En este trabajo se presenta la propuesta de automatización del proceso de fabricación de tubos de acero. Los procesos de manufactura pueden automatizarse utilizando los Controladores Lógicos Programables (PLC), que permiten agilizar los procesos de producción y aumentar las ganancias empresariales. La automatización del proceso de fabricación de tubos de acero busca reducir los tiempos de producción, aumento de ganancias y disminución de riesgos para el personal que labora en el área. Se propone la utilización de un PLC Micrologix 1100 de Allen Bradley. Se busca optimizar el proceso de manufactura a través de la programación y la simulación del proceso en una Interfase Humano Maquina (HMI), utilizando el software LabView, que permite monitorear, controlar y generar un análisis que verifica los parámetros y variables de este proceso y que sea una alternativa funcional.

**Palabras clave:** PLC, Micrologix 1100, Automatización, HMI, Manufactura, LabView.

## Antecedentes

Los Controladores Lógicos Programables (PLC's por sus siglas en inglés Programmable Logic Controller) nacieron a finales de la década de los 60s y principios de los 70s. Las industrias que propiciaron este desarrollo fueron las automotrices. Utilizaban sistemas industriales basadas en relevadores (relés), en sus sistemas de manufactura. Buscando reducir los costos de los sistemas de control, la General Motors preparó en 1968 ciertas especificaciones detallando un "Controlador Lógico Programable" que gradualmente se fue mejorando, convirtiéndose en lo que ahora son, Sistemas Electrónicos Versátiles y Flexibles. El Control Lógico Programable es ideal para ser operado en condiciones críticas industriales, ya que fue diseñado y concebido para su uso en el medio ambiente industrial (Terzi 2002).

El transporte de fluidos a nivel mundial de una zona a otra es una necesidad y esta puede realizarse a través de conductos tubulares cilíndricos de acero. A estos se le denomina tubería y se emplean en diversos sectores, en los cuales destaca la construcción, la industria y la agricultura.

De acuerdo con datos de "CANACERO" (cámara nacional de la industria del hierro y del acero) la industria del acero y transformación de metal en México se encuentra dentro de un mercado de muy alta competitividad y de un rápido crecimiento (Fundamentos teóricos sin año).

El proceso de fabricación de tuberías de acero ya emplea un proceso semi automático pero su producción es bastante lenta debido a que en la mayor parte del proceso hay interferencia humana, esto ocasiona desperdicio de material en cada etapa y se refleja en los costos elevados de producción. La fabricación se realiza implementando herramientas diversas como lo son la devanadora que permite cortar desenrollar y enderezar la lámina que se implementa para la primera etapa en la fabricación de tubulares, rodillos enderezadores que dan la forma plana al fleje de acero activados por un juego de engranes conectados a un motor eléctrico, cizalla manual para realizar los cortes de acuerdo a las longitudes deseadas, maquina perfiladora y soldadura aquí la lámina pasa por rodillos que van guiando al perfil cilíndrico, de los cuales un cuarto operario activa el motor de dichos rodillos, al mismo nivel podemos encontrar la soldadura que va uniendo al perfil, así como se muestra en la Fig. 1. La soldadura se activa por el cuarto operario.



**Figura 1.** Rodillos guía y soldadura

Al finalizar el proceso de soldadura el tubo pasa por un recipiente en el que se enfría a temperatura ambiente con refrigerante para acomodarlo y finalizar el proceso de elaboración. Como se puede observar la mayor parte del proceso requiere de la intervención de un operador lo cual implica que este se vea afectado en los costos de producción y que los tiempos de esta sean más prolongados por ello realizando un análisis por etapa de proceso se busca dar una propuesta de automatización planteando implementar un sistema que salvaguarde la integridad del trabajador basado en neumática, electroneumática y controladores lógico-programables.

### **Objetivo(s)**

Dar a conocer el desarrollo de una propuesta para la automatización del proceso de fabricación de tubos de acero con costura longitudinal, utilizando controladores lógico programables para su control, acoplado a una Interfaz Humano Máquina (HMI), en donde se desarrolla la secuencia de operación de cada etapa de proceso utilizando un Controlador Lógico Programable Micrologix 1100 de la familia Allen Bradley, así como el estudio y documentación de aspectos técnicos del proceso tomando en cuenta las variables de operación y seguridad que permitan una correcta operación ya que actualmente no hay información específica de ésta.

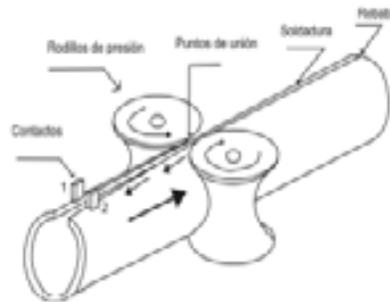
### **Desarrollo**

Para la propuesta de automatización se implementó el método de pre cortado por ser el más económico y variable en la implementación. Las tuberías fabricadas de acero inoxidable son utilizadas principalmente en equipos para procesamiento de alimentos, enfriadores de leche, intercambiadores de calor, contenedores de productos químicos, tanques para almacenamiento de vinos y cervezas, partes para extintores de fuego,

su demanda va en aumento, por ello se opta por la utilización de este material el cual está formado por una aleación de hierro con cromo. Poseen características como una excelente resistencia a la corrosión y al calor. Esta resistencia se debe al cromo, debido a que conserva una gran afinidad por el oxígeno, el cual funciona como una capa pasivadora. La viabilidad de la fabricación de tubería con acero inoxidable se debe a la gran demanda de este producto en diferentes sectores tanto en uso doméstico e industria (Kalpakjian 2002). El Acero que se usa para la producción es el T-304, es el más versátil y usado de los aceros inoxidables de la serie 300 por sus propiedades para el conformado y el soldado, además de su uso en aplicaciones de embutición profunda, de rolado y de corte y su excelente resistencia a la corrosión. La automatización del proceso de fabricación de lámina de acero con costura longitudinal consiste en 6 etapas, cada una de las cuales tiene la facilidad de agilizar de tener el control adecuado del proceso, desde la alimentación del material hasta el producto final. El proceso parte con la alimentación del material (acero inoxidable tipo t-304, cedula 16) cortado al diámetro de la tubería a fabricar aquí es donde se implementa la primera parte de automatización, con el control de un moto reductor de CA, el cual se puede manipular ya sea en forma automática o manual dependiendo de la tarea, este motor tiene la característica de disminuir y controlar las revoluciones mediante un arreglo de engranes, esta bobina se encuentra en una máquina devanadora, la cual tiene el propósito de desenrollar la lámina para alimentar a la etapa 2 que es el enderezador de lámina aquí es donde se corrigen las deformaciones producidas por el enrollado de la bobina, esto se logra mediante el control de un motor trifásico de CA, especificado por el proveedor y la presión ejercida neumáticamente por medio de actuadores.

Después pasa a la etapa de corte en donde se corta la lámina a medida de la longitud de la tubería que se va a fabricar, aquí la etapa de control actúa sobre una cizalla que trabaja una vez que la lámina tiene la longitud requerida, la señal es mandada por un contador el cual es utilizado para simulación, una vez que la lámina tiene la longitud deseada, se acciona un cilindro neumático, la cizalla es accionada y la lámina es cortada, posteriormente es transportado por una banda transportadora, la cual manda la lámina a la etapa 4 o maquina perfiladora, aquí se da doblez a la lámina por medio de rodillos mecánicos para lograr dar forma cilíndrica en donde se controla la máquina mediante un motor que transfiere el movimiento a una distribución de engranes que hacen mover los rodillos mediante tomas de fuerza a una velocidad constante.

Se llega a la máquina soldadora por ERW que es controlada por un controlador ON-OFF, donde se unen los dos extremos de la lámina doblada para el acabado final de la tubería, como se muestra en la Fig. 2.



**Figura 2.** Soldadura por ERW

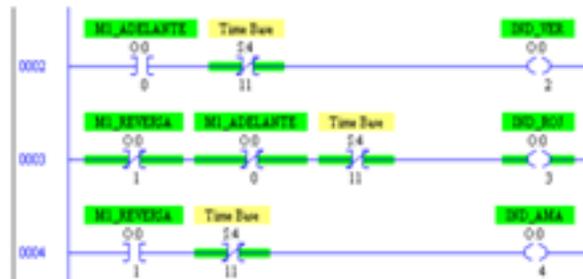
Para finalizar se va a la etapa 6, en esta etapa se encuentra un sensor de límite que registra el número de tubos fabricados además de un apilador que se encarga de llevar el registro de producto terminado y de ir acomodándolo.

Para la programación de los controladores lógico-programables que se implementaran en el proceso brevemente descrito con anterioridad se usa el software RSLogix 500 destinado a la creación del autómatas en lenguaje de esquema de contactos o también llamado lógico de escalera (Ladder). Existen diferentes partes dentro de la aplicación, las más importantes son: el editor Ladder, el panel de resultados (donde se genera la lista de errores por medio del verificador de proyectos) y el árbol de proyectos mediante el cual se manejan todas las posibilidades existentes (catálogo de fabricante sin año). En la programación están integrados contactos en forma de bit con las iniciales HMI que representan los contactos físicos del interfaz humano máquina. En las líneas de la cero a la dos como se muestra en la Fig. 3, se muestra la parte del control ON-OFF del motor de la devanadora ya que representa su arranque en sentido horario y antihorario, así como su paro normal y su paro de emergencia por si hay alguna contingencia que se pueda generar en el transcurso del proceso y así proteger en primera instancia al personal y en segundo lugar el equipo. El motor para controlar es un motor trifásico de CA el cual desarrolla la función de avance y retroceso para el momento del ajuste inicial, al introducir a la planificadora el material, y posteriormente el avance continúa en el desarrollo del proceso, también la línea cero cuenta con la desactivación del motor del fleje cuando se está cortando la lámina.



**Figura 3.** Bloque de programación para la devanadora

En las líneas de la dos a la cuatro se introducen indicadores luminosos los cuales indican la función que se está realizando en la devanadora (sentido horario, antihorario, así como paro total del motor), como se observa en la Fig. 4.



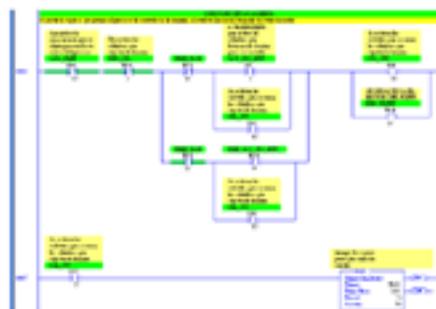
**Figura 4.** Bloques de programación de indicadores luminosos

En la línea número cinco se muestra el código del motor de los rodillos enderezadores, el cual activa un motor por medio de un interruptor de tacto cuando pasa la lámina por el primer rodillo enderezador, también se encuentra una entrada normalmente cerrada que representa el paro de emergencia y otra que representa al interruptor de contacto que activa los pistones que sostiene la lámina para ser cortada, este contacto se abre para detener el motor de los rodillos aplanadores (figura 5).



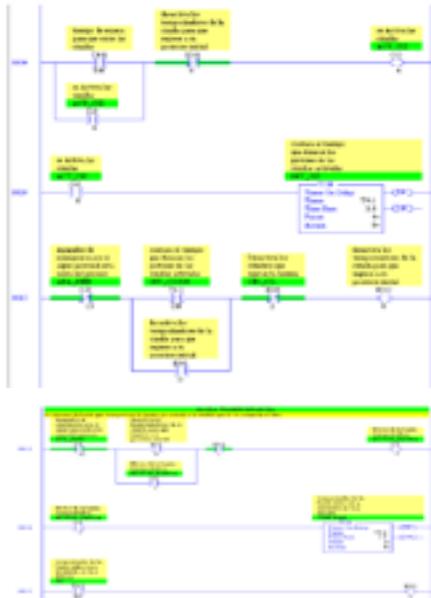
**Figura 5.** Programación de Rodillos enderezadores

Las líneas seis y siete representan el comienzo del proceso de los cilindros que aplanan la lámina que posteriormente será cortada a la medida requerida por unas cizallas. Los cilindros se activan por un interruptor de contacto el cual manda a llamar a un sistema neumático que acciona dichos cilindros. Al activar los cilindros se activa un temporizador que al terminar su cuenta manda a llamar las cizallas que cortan la lámina, como se observa en la Fig. 6.



**Figura 6.** Programa del cilindro de sujeción.

Las siguientes líneas muestran la continuación de la etapa del corte de la lámina, al activarse las cizallas se activa un temporizador tomando el tiempo que tardaran las cizallas en estar trabajando, el tiempo está calculado para que estas corten toda la lámina. Aquí también están integrados estratégicamente los paros de emergencia en caso de que el personal este cerca de este proceso, en las líneas once y doce continua el ciclo del corte de la lámina, estas líneas muestran el regreso de carrera que hacen las cizallas y el regreso de su posición inicial de los cilindros que sujetan la lámina, siempre desactivando primero las cizallas y después el cilindro de sujeción, como se observa en la Fig. 7.



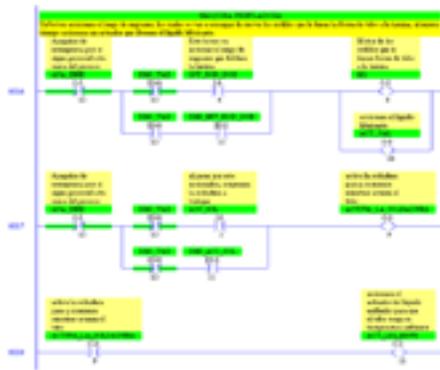
**Figura 7.** Programación de cizallas de corte



**Figura 8.** Programación Banda Transportadora

La línea trece, catorce, quince muestran el control ON-OFF de una banda transportadora, la banda tiene la función de llevar la lámina hacia los rodillos que le darán forma de tubo, como se observa en la Fig. 8.

En la línea dieciséis muestra la etapa de activación del motor que mueve a la máquina perfiladora que dan a la lámina la forma cilíndrica, al mismo tiempo que se activa la perfiladora se activa un actuador que deja salir líquido lubricante que hace más eficiente la deformación de la lámina, así como disminuir fricción y evitar desgaste en las piezas. Las líneas diecisiete y dieciocho se muestra el interruptor que activa la soldadura mientras el tubo va desplazándose hacia lo largo, al tiempo que va soldando se activa un actuador que libera un líquido refrigerante para que el tubo ya formado regrese a su temperatura ambiente, como se muestra en la Fig. 9.



**Figura 9.** Programación perfiladora



**Figura 10.** Programación Contador

Una vez soldado el tubo pasa a un apilador el cual tiene un sensor de conteo que va registrando cuantos tubos va almacenando, sirve para llevar un control de cuanta producción se va teniendo, esto está programado en la línea diecinueve, como se muestra en la Fig. 10.

Las líneas veintiuno y veintidós muestran la programación del paro de emergencia, el cual está formado por un sensor de presencia.

Este sensor al percibir una presencia humana detendrá el proceso para evitar algún riesgo al personal que este cerca de la maquinaria, al mismo tiempo se activa una alarma sonora y/o luminosa indicando dicho problema. Esta alarma tiene un bit virtual que sirve para que sea desactivada por medio del HMI, como se muestra en la Fig. 11.



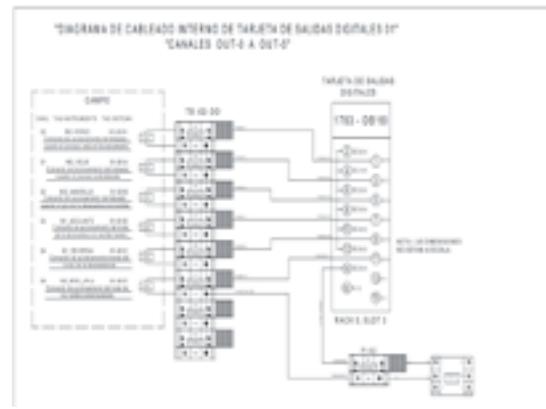
**Figura 11.** Programa de seguridad

Al finalizar la sintaxis del programa este es compilado para ver si no tiene errores, en caso de que este no presente errores se prosigue a descargar al PLC para que pueda conectarse de acuerdo con el programa observando las entradas y salidas para su ejecución.

En el diagrama de cableado que se observa en la Fig. 12 de tarjeta de entradas digitales y como se observa en la Fig. 13, tarjetas de salidas digitales, muestran el cableado de las tarjetas de entradas y salidas del PLC, en donde se aprecia que cada identificador o etiqueta va de acuerdo con el punto en la tarjeta que se cablea y viceversa.



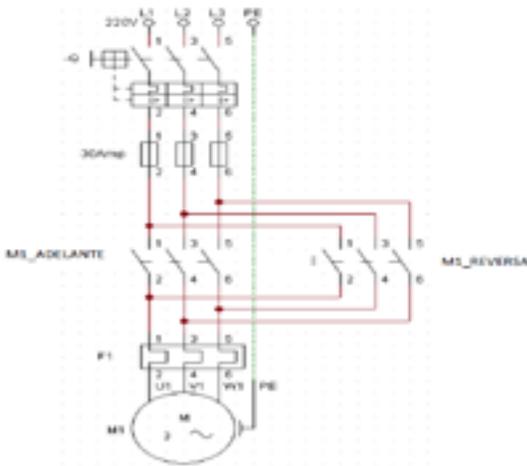
**Figura 12.** Tarjetas de entradas digitales



**Figura 13.** Tarjetas de salidas digitales

### Diagrama de fuerza en la devanadora

El proceso de fabricación de tubos de acero con costura longitudinal comienza con el alimentador o devanadora que suministra lámina de acero al proceso consecutivo de enderezado, corte, formado y apilado del tubo. Para poner en marcha el motor de la devanadora se usa el BOTON\_ADELANTE con este botón se energiza la bobina del relevador M1\_ADELANTE y el motor de la devanadora empieza a girar de modo que empieza a soltar la lámina para el siguiente proceso de enderezado, para parar el motor se usa el BOTON\_PARO. Cuando se oprime el BOTON\_REVERSA se energiza la bobina del relevador M1\_REVERSA y el motor de la devanadora invierte el giro de modo que empieza a recoger la lámina del fleje por si llega a ocurrir un problema en el proceso de fabricación del tubo. La Fig. 14 muestra el diagrama de fuerza donde se tiene la conexión del motor de manera que se alternan las líneas para invertir el giro del motor.



**Figura 14.** Diagrama de fuerza.

NEMA Premium		SIEMENS		CE	
HP: 10	KW: 7.46	TYPE: SD100	SPN	SERIAL No: D10T0007SE 3	
HZ: 60	HZ: 50	RATING: CONT.	TEFC	LR 39020	
V: 208-230/480	V: 200/400	INS. CLASS: F	AMB: 40°C	CC032A	
A: 25.5-23.0/11.5	A: 25.0/13.0	TEMP. RISE: CLASS B	GUARANTEED MIN. EFF: 91.0%		
RPM: 3555	RPM: 2960	NEMA DESIGN: B	KVA: CODE: H		
S.F.: 1.15	S.F.: 1.0	FRAME: 215 T	WT: 196 Lbs		
NEMA NOM EFF: 91.7% AT 60HZ		SH END BRG: 408C0JPP3			
GUARANTEED MIN. EFF: 91.0%		LR 39020			
PART No: 1LE23112AA214AA3					
VFD COMPATIBLE AT 1.0 S.F.					
10.1 V.T.	4.1 C.T.				
Made in Mexico by SIEMENS GDL					

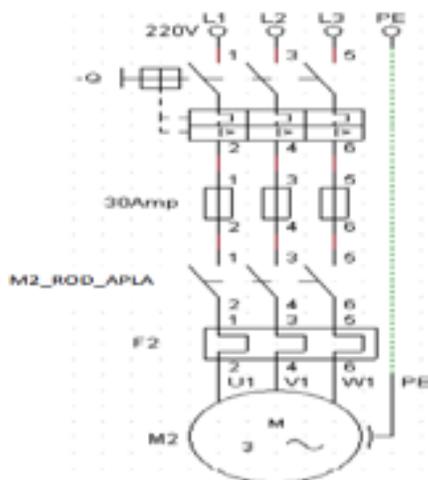
**Figura 15.** Datos de placa del motor trifásico

El diagrama de fuerza de la Fig. 14 muestra el motor de la devanadora y cuenta con los siguientes elementos:

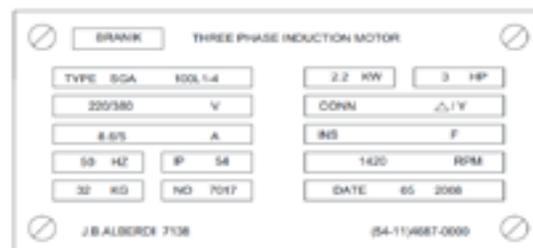
- (1) El primer elemento es la línea o acometida trifásica de alimentación a 220V.
- (2) Interruptor seccionador o cuchillas. - tienen por objeto dejar fuera de servicio la instalación eléctrica del motor en caso de que fuera necesario realizar una reparación por avería o mantenimiento, aislando la instalación eléctrica del resto de la línea.
- (3) Fusibles de 30 Amp. - son dispositivos eléctricos de protección que dejan pasar la corriente eléctrica, mediante su filamento, hasta un cierto valor de intensidad, a partir de ese valor máximo el filamento del fusible se funde, impidiendo el paso de la corriente eléctrica y protegiendo la instalación.
- (4) Contactor “M1\_ADELANTE”. - es el mecanismo eléctrico encargado de cerrar el circuito para que el motor arranque, es accionado mediante el pulsador ADELANTE, poniendo en funcionamiento al motor de la devanadora, para que suelte la lámina y prosiga con el proceso.
- (5) Contactor “M1\_REVERSA”. - es accionado mediante el pulsador REVERSA, para que el motor gire de manera inversa y recoja la lámina.
- (6) Relé térmico “F1”. - protege al motor frente a posibles sobrecargas eléctricas débiles y prolongadas. El relé térmico detecta la sobrecarga eléctrica mediante el calentamiento de una lámina metálica, que dispara al relé térmico si se calienta en exceso.
- (7) Se tiene un moto reductor trifásico de 10 HP para la devanadora de alimentación, con la capacidad de soporte de 3 toneladas por fleje, los datos del motor eléctrico se muestran en la Fig. 15.

## Diagrama de fuerza en los rodillos enderezadores

Los rodillos enderezadores son muy importantes dentro del proceso de manufactura de tubos de acero, ya que como se mencionó anteriormente tienen la función de laminar el fleje cuando este salga de la devanadora. Lo anterior debido a que la lámina suele tomar la forma del fleje, es decir agarra la forma de espiral, por lo general esto trae problemas de precisión en el corte de la lámina y en la etapa de formado del perfil. La potencia de los rodillos enderezadores se transmite por medio de un juego de engranes acoplados a la flecha de un motor.



**Figura 16.** Diagrama de fuerza de la perfiladora



**Figura 15.** Datos de placa de los rodillos

El diagrama de fuerza de la Fig. 16 para el motor del proceso de enderezado de lámina, Los primeros 3 elementos son prácticamente los mismos que se mencionaron en el diagrama de fuerza de la devanadora. Cuenta con los siguientes elementos:

(4) Contactor “M2\_ROD\_APLA”. - es el mecanismo eléctrico encargado de cerrar el circuito para que el motor arranque, es accionado mediante el pulsador ADELANTE, poniendo en funcionamiento al motor de los rodillos enderezadores.

(5) Relé térmico “F2”. - protege al motor frente a posibles sobrecargas eléctricas débiles y prolongadas. El relé térmico detecta la sobrecarga eléctrica mediante el calentamiento de una lámina metálica, que hace disparar al relé térmico si se calienta en exceso.

(6) Se tiene un motor trifásico de 3 HP acoplado a los rodillos enderezadores para el proceso de laminación, los datos del motor eléctrico se mencionan a continuación:

Como datos adicionales el motor estándar jaula de ardilla de 3 HP tiene una corriente a plena carga- Amp. de 9.6, el calibre mínimo del conductor cobre (75°C) THW,

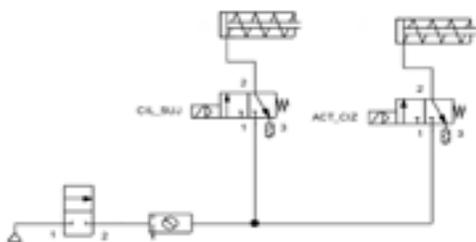
THWN, XHHW es de 14, la capacidad nominal-Amp. del interruptor termo magnético es de 20, para el interruptor de seguridad cuenta con las siguientes características: servicio pesado-gabinete NEMA 1-CAT de número H321N y el fusible con retardo de tiempo y doble elemento-Amp. 15. Para el arrancador magnético cuenta con las siguientes características: en gabinete NEMA 1- clase 8536 es de tipo SBG-2 y los tres elementos térmicos aleación y fusible es de número B14.(RIBA 1999).

### **Diagrama de fuerza en el proceso de corte de lámina**

Finalizado el enderezado, se prosigue a la etapa de corte de lámina con la implementación de una cizalla neumática y que a través de un cilindro pisa láminas y una guillotina neumática se hace el corte adecuado para formar el perfil cilíndrico.

El diagrama de fuerza electroneumático de la Fig.16 cuenta con los siguientes elementos:

- (1) Alimentación neumática. -Después de acondicionar, limpiar y secar el aire que sale del compresor, el flujo de aire viaja hacia los elementos de trabajo (electroválvulas y actuadores) para realizar los trabajos posteriores de la cizalla neumática.
- (2) Válvula de regulación. -Sirve como apertura principal de la alimentación neumática hacia los elementos de trabajo.
- (3) Indicador de presión. -Es muy importante contar con este indicador, ya que se debe cumplir con la presión específica para los elementos neumáticos de trabajo, en este caso es de 125 PSI de presión máxima.
- (4) Electroválvulas 3/2 monoestables. - Sólo tienen un solenoide de apertura (CIL\_SUJ, ACT\_CIZ) para comportarse como válvulas para el control pasa/no pasa y es la más simple para controlar cilindros de simple efecto.
- (5) Cilindros de simple efecto. - Este tipo de cilindros realiza un trabajo en un solo sentido, es decir la presión desplaza al embolo o pistón y retrocede por una fuerza externa o un muelle, el cilindro "A" se utiliza para sujetar o fijar la lámina de acero y no se mueva cuando se corte la lámina y el cilindro "B" se utiliza para proceder al corte de lámina (Calero 1999).

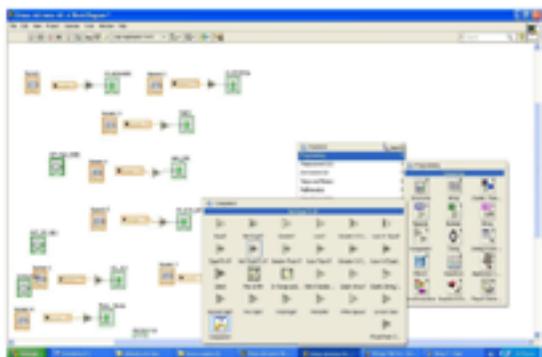


**Figura 16.** Diagrama de fuerza electroneumática

**Figura 17.** Diagrama de fuerza electroneumática

La Fig. 17 muestra la secuencia que siguen los cilindros neumáticos en el proceso de corte de la cizalla.

En el diagrama espacio fase de la Fig. 17, el bloque número 1, se energiza el solenoide CIL\_SUJ y el cilindro A se extiende debido a que se presionó el interruptor de límite Act\_pis\_Neu, en el bloque número 2 entra un temporizador virtual T4:0, con un tiempo de 5 segundos. En el bloque número 3 después de que el temporizador finalizó de contar los 5 segundos, se energiza el solenoide ACT\_CIZ y el pistón del cilindro B sale. En el bloque número 4 entra un segundo temporizador virtual T4:1 que con un tiempo de 4 segundos da un tiempo de espera para que la cizalla corte de lámina, en el bloque 5 después de que el temporizador terminó de contar se des energiza el solenoide ACT\_CIZ y por efecto del muelle el cilindro B se retrae. En el bloque 6 entra un tercer temporizador T4:3 que cuenta 2 segundos para des energizar el solenoide CIL\_SUJ y en el bloque 7 después del tiempo transcurrido, el cilindro A de sujeción, se retrae.



**Figura 18.** Conectividad de los indicadores en el diagrama de bloques de LabView



**Figura 19.** Estación de trabajo (HMI)

En la Fig. 18 se muestra la pantalla de programación de LabView se direccionan los indicadores, tal y como también se direccionan los botones pulsadores en la interfaz, solo que en los leds se direccionan con las salidas físicas correspondientes para cada elemento y actuador en el proceso.

## Resultados y discusión

Para comprobar el funcionamiento del programa realizado para la automatización del proceso de fabricación de tubos de acero se procedió a realizar la simulación del HMI en LabView, en donde con el PLC en comunicación con la estación de trabajo diseñada, a través de un enlace OPC que proporciona el software de Rockwell, concretamente el RSLinx Clasic que otorga un OPC server que realiza la comunicación hacia RSLogix donde se encuentra el programa en escalera desarrollado para poder ejecutarlo en la interfaz simulada.

Después de la ejecución del programa, su simulación y de haber establecido el análisis del problema y la documentación propuesta se puede decir que los tiempos de fabricación de tubos de acero con la implementación de la automatización se redujeron de forma considerable aumentando su producción aproximadamente 33% sobre lo producido inicialmente sin la implementación de los controladores lógicos programables. Este aumento de producción trae consigo un incremento de ganancias ya que con la propuesta que aquí se da a conocer se reduce el costo de producción pues el sistema de elaboración es más preciso y reduce un 60% el personal que interviene en los procesos, reduciendo riesgos para los trabajadores, dándonos como una alternativa funcional la implementación del sistema para mejorar el rendimiento y hacer más competitiva a la empresa.

## Conclusiones

El entorno de programación para el controlador PLC Micrologix 1100, es muy amigable, y puede implementarse en diferentes aplicaciones de ingeniería que permiten automatizar procesos como el desarrollado para la fabricación de tubos de acero. Las herramientas de simulación como lo es LabView son muy importantes ya que asociamos el entorno virtual con el entorno real al generar la simulación de la interfaz HMI para poder manipular, monitorear y controlar las variables y realizar correcciones antes de

hacer una implementación física.

La aplicación de proyectos para realizar la automatización de procesos permite aumentar la producción, disminuir los costos y la mano de obra dentro de las empresas, en este caso la industria dedicada a la elaboración de tubos puede obtener mayores ganancias y mejor rendimiento a través del control y automatización de sus etapas de proceso.

### Agradecimientos

Este trabajo se pudo realizar gracias a la colaboración de los alumnos y docentes de la Carrera de Ingeniería En Control y Automatización de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica unidad Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional, y quien proporcionó los medios, así como la utilización de los Laboratorios.

Agradecemos principalmente a los alumnos Nicolas C.J, Rangel M.A, Sánchez D.I (2017), por la realización de su tesis de titulación profesional con el título “Propuesta de automatización del proceso de fabricación de tubos de acero con costura longitudinal”. Así también agradecemos al director de tesis de este trabajo, al Ing. Zósimo Ismael Bautista Bautista.

### Referencias

Calero Pérez A., (1999), Fundamentos de mecanismos y máquinas para ingenieros. Mc Graw Hill. 1ª Ed. Aravaca, Madrid.

Catálogo de fabricante, Rockwell Automation Technical Data Control Logix Redundant Power Supply.

Fundamentos teóricos, del desarrollo de un nuevo proceso de fabricación de tubería ERW. CONDUVEN. C.A.

Kalpakjian S. (2002), Manufactura Ingeniería y tecnología, México. Cuarta Edición, Edit. Marcombo J. Hyde.

RIBA ROMEVA I C. (1999), Selección de motores y transmisiones en el proyecto mecánico, Diseño de máquinas II. 2ª Reimpresión septiembre. CPDA -ETSEIB. Barcelona.

Terzi E., Regber H., Ebel F. (2002), Controladores Lógicos Programables, Festo, encuadernado.

Waller D., Wemer H., (1997), Neumática, Festo Pneumatics.



# MÓDULO DE CONCENTRACIÓN SOLAR PARA ENFRIAMIENTO POR ABSORCIÓN



*Ricardo Joaquin Hornedo Aldeco\**

*Cranfield University, [richiehornedo@gmail.com](mailto:richiehornedo@gmail.com)*



## Resumen

La conferencia explica un proyecto de investigación realizada por el Maestro en Ciencias Ricardo Joaquin Hornedo Aldeco, la cual fue acreedora al galardón de “Mejor Proyecto de Tesis” en la Universidad de Cranfield en Reino Unido. El proyecto tuvo como finalidad para desarrollar un módulo de concentración solar utilizado para enfriamiento por absorción considerando y almacenamiento de energía térmica de Material de Cambio de Fase (PCM) para suministrar energía cuando la Radiación Normal Directa (DNI) no está disponible, el sistema incluye paneles fotovoltaicos para alimentar actuadores, como bombas o ventiladores. El módulo fue diseñado para comenzar en Bauchi, Nigeria, con escalabilidad para adaptarse a regiones con abundante DNI. Para lograr el objetivo, se evaluaron algunos componentes principales del módulo bajo un análisis multicriterio para seleccionar el más adecuado para cada uno, se calculó el rendimiento del campo solar, se diseñó el módulo en un software de modelado tridimensional y fue tecno-económicamente evaluado. Los resultados mostraron que el colector de canal parabólico es el tipo de colector más adecuado para el campo, principalmente por su eficiencia térmica y coincidencia con la aplicación, el modelo tridimensional proporcionó un diseño realista del módulo y las evaluaciones técnicas y económicas mostraron que el módulo es factible. La investigación fue patrocinada por Focalsun LTD.

**Palabras clave:** Concentración solar, refrigeración por absorción, almacenamiento térmico por materiales en cambio de fase, renovables.

## Antecedentes

La creciente necesidad de despliegue de energía renovable debido al agotamiento de las reservas de combustibles fósiles y las preocupaciones globales sobre los efectos ambientales de los métodos tradicionales hacen que la mayor incorporación de la generación solar a la matriz energética sea una alternativa imperante. La mayor parte de la investigación relacionada ha hecho hincapié en el uso de recursos solares para la producción de electricidad y calefacción, lo que finalmente resultó en la implementación de varios sistemas en todo el mundo. Por otro lado, la refrigeración todavía se basa principalmente en métodos convencionales que requieren electricidad derivada de combustibles fósiles. Dado que la mayoría de las tecnologías de enfriamiento actuales ya se han estudiado y optimizado a fondo, los investigadores han centrado su interés en el uso de fuentes de energía renovables como entrada de energía primaria para generar o reemplazar completamente la electricidad consumida para alimentar sistemas de enfriamiento (Sotirios *et al.*, 2019).

Comprender el papel crucial del enfriamiento en la situación actual del mundo. Se estima que representa alrededor del 10% del calentamiento global. Además, el estudio, publicado por Sustainable Energy for All, informa que más de 1.100 millones de personas en todo el mundo enfrentan amenazas inmediatas a medida que las temperaturas globales continúan aumentando debido a la falta de acceso a refrigeración. Esto involucra a 470 millones de personas que viven en áreas rurales donde la electricidad en su mayoría no es accesible y 630 millones de personas viven en ciudades donde la energía es escasa, poco confiable o inasequible (Fleming, 2018). Además, se espera que la demanda de energía de refrigeración de espacios se triplique para 2050 (Christina Ospina, 2018).

Nigeria es uno de los nueve países del mundo con mayor riesgo debido a la falta de refrigeración. Es la nación más poblada del continente africano, con 186 millones de habitantes. Se espera que el pronóstico para la temperatura media en Nigeria sea superior a 30 ° C a menos que disminuya el calentamiento global. Al mismo tiempo,

po, 50 millones de personas de las zonas rurales carecen de electricidad y refrigeración básica. Por lo tanto, no pueden vacunarse contra enfermedades infecciosas y son extremadamente susceptibles a la desnutrición y al hambre debido a una importante falta de alimentos. De hecho, Nigeria está perdiendo más de un tercio de su producción agrícola debido a la falta de enfriamiento (Fleming, 2018). Sin embargo, la irradiación normal directa tiene un gran potencial que oscila entre 1,9 y 4,5 kWh / m<sup>2</sup> por año (Global Solar Atlas, 2020a).

En este contexto, las soluciones de energía solar son potencialmente los candidatos más prometedores para que Nigeria proporcione calor para impulsar sistemas de refrigeración eficientes. Los enfriadores de absorción impulsados por energía solar son particularmente atractivos como un medio de carga de ahorro de electricidad pico, ya que el pico de generación y la demanda coinciden (Sotirios *et al.*, 2019).

## Objetivo

Diseñar un módulo compacto de energía solar de concentración (CSP) a escala de kW utilizado para impulsar un refrigerador por absorción para proporcionar enfriamiento a áreas rurales en Bauchi, Nigeria, considerando un almacenamiento térmico de material de cambio de fase (PCM) para operar el sistema por la noche.

## Metodología

En esta sección se presenta la metodología utilizada para este estudio. La investigación centró su enfoque en el estado de Bauchi en Nigeria para la etapa de generación de energía térmica, pero también consideró las principales características del enfriador de almacenamiento y absorción. Consistió en diferentes métodos explicados brevemente en los siguientes párrafos para lograr una propuesta final para el módulo integrado.

Primero, se presentó el diseño conceptual del módulo integrado para establecer la idea fundamental detrás del mismo.

En segundo lugar, se seleccionó el colector más adecuado para el campo solar mediante un análisis de decisión multicriterio denominado “matriz de selección”, donde se evaluaron los 4 tipos de colectores solares de concentración bajo los criterios considerados cruciales para la mejor elección, cada criterio se le dio un peso diferente dependiendo de la importancia dentro del módulo.

En tercer lugar, el rendimiento del colector solar se calculó a través de un modelo analítico que consideró los datos meteorológicos de Bauchi, Nigeria, las características del colector solar y la energía requerida para la aplicación.

Luego, se calculó y dimensionó la instalación fotovoltaica para el módulo, con base en un estudio previo para seleccionar el mejor inversor y panel fotovoltaico, y se calculó la potencia de salida de acuerdo con un simulador de generación fotovoltaica para Bauchi, Nigeria.

A continuación, se eligió el mejor PCM para el sistema de almacenamiento de energía térmica de acuerdo con un análisis de decisión multicriterio y se eligieron las características deseadas del enfriador de absorción que mejor se adapta al sistema.

Finalmente, los componentes del módulo se modelaron individualmente en tres dimensiones en SolidWorks, los componentes se exportaron posteriormente para diseñar el módulo final en Autodesk 3ds Max. El diseño se centró en el colector solar, los paneles fotovoltaicos que producían la energía para los actuadores del sistema, como bombas y ventiladores, y los contenedores donde estaban incorporados.

## Resultados y discusión

### *Hallazgos*

En este apartado se recogen los hallazgos más relevantes aportados por los resultados, la relación con el objetivo de la investigación a partir de una valoración crítica y sus interpretaciones. Según los resultados, se dividen en tres subsecciones: análisis multicriterio, rendimiento del campo solar y evaluación técnica y económica.

### *Análisis Multicriterio*

En línea con el propósito del estudio, se seleccionaron las tecnologías más adecuadas para el campo solar evaluándolas bajo análisis multicriterio, y se eligió el refrigerador por absorción que mejor se adapta al módulo según sus especificaciones.

Los resultados confirmaron que las opciones seleccionadas para el colector solar y el almacenamiento térmico del material de cambio de fase coincidieron logrando una alta idoneidad con los requisitos de la aplicación.

### *Rendimiento del campo solar*

El rendimiento del campo solar es crucial para producir la fuente de calor necesaria

para impulsar el refrigerador por absorción encargado de producir refrigeración. Inicialmente, el estudio se centró en lograr la mayor eficiencia térmica, sin embargo, un hallazgo interesante de los resultados obtenidos del análisis de sensibilidad demostró que la mayor eficiencia térmica no siempre conduce al mejor desempeño del campo solar. El análisis de sensibilidad muestra que cuanto mayor es el caudal volumétrico, mayor es la eficiencia térmica, sin embargo, se llega a un punto donde la mejora es marginal, y ese punto varía en función de la radiación normal directa. Por otro lado, la temperatura de salida disminuye a medida que aumenta el caudal volumétrico, esto se debe a que no hay tiempo suficiente para calentar el fluido. Eso implica que la energía todavía se produce calentando más cantidad de agua a una temperatura más baja, sin embargo, la temperatura de salida es crítica para almacenar la energía en el almacenamiento térmico de eritritol de azúcar, ya que es un almacenamiento térmico de material de cambio de fase. El almacenamiento de calor latente como lo afirma Vant-Hull (2012), almacena la energía mientras el material cambia de fase, por lo que, según Honguntikar y Pawar (2019) el punto de fusión del azúcar eritritol es de  $117,7^{\circ}\text{C}$ , de ahí la temperatura mínima para Almacenar la energía por este medio debe estar por encima de esa temperatura. Ese hallazgo fue crucial para saber que la mejor opción era seleccionar el caudal volumétrico máximo, que produjo la temperatura mínima de salida requerida, para lograr la mayor eficiencia térmica pero aun alcanzando la temperatura necesaria.

Otro hallazgo intrigante en esta sección es que la temperatura de salida mínima requerida aún se puede lograr con diferentes radiaciones, si se necesita aumentar la temperatura, se debe disminuir el caudal y viceversa.

#### *Evaluación técnica y económica*

Las evaluaciones técnicas y económicas son fundamentales para asegurar la viabilidad del proyecto. La inviabilidad económica del proyecto fue un resultado inesperado, sin embargo, la razón de esto es que todo el estudio, principalmente se centró en la optimización de las características técnicas, más que un estudio de base económica. Por otro lado, los únicos ingresos económicos considerados para evaluar el proyecto fueron los ahorros en el gasto eléctrico que genera la refrigeración, sin embargo, algunos otros ahorros podrían haberse considerado en un estudio económico, como la infraestructura necesaria para llevar la electricidad a las zonas rurales, por ejemplo, red de transmisión y distribución. Además, si se llevan a cabo algunas ne-

gociaciones con los proveedores, los costos considerados como cliente genérico o valores medios podrían ser menores.

A pesar de que los resultados de la evaluación económica fueron inesperados, el módulo es muy prometedor como fuente de refrigeración descentralizado, con la posibilidad de escalar a países donde el acceso a la refrigeración es inexistente o poco confiable y los costos pueden cambiar con mejores negociaciones, ya que, los componentes se vuelven disponibles comercialmente y los precios del mercado realmente bajarán.

Existe una gran importancia en la disponibilidad comercial de los componentes del módulo para reducir los costos de los componentes. En los últimos 10 a 15 años, la instalación de energía solar fotovoltaica se ha convertido en una tendencia y existe un patrón amplio de precios decrecientes a medida que crece el uso de sistemas fotovoltaicos, por lo que los costos de fabricación disminuyen. Un hallazgo interesante del CAPEX es que la instalación fotovoltaica de este módulo representa menos del 8% del costo inicial total del módulo, este valor no incluye el almacenamiento de la batería, ya que las baterías son de ion de litio y la demanda aún necesita mayor crecimiento. Este hallazgo demuestra que algunos de los otros componentes, como el refrigerador por absorción, el colector cilindro-parabólico y el almacenamiento térmico, pueden aumentar su demanda si este tipo de proyectos escalan a muchos otros países, por lo que el costo del módulo disminuirá.

#### *Implicaciones del estudio*

Baig, Surovtseva y Halawa (2015) afirman que el colector cilindro-parabólico utiliza una capacidad típica que va de 10 MW a 300 MW, sin embargo, el módulo presentado en este estudio proporciona una nueva visión de la relación entre el tipo de colector y el rango de energía que pueden ser generados por ellos, lo que demuestra que existe un campo prometedor para las aplicaciones de colectores solares cilindro-parabólicos a escala de kW, como la refrigeración. Además, Bellos y Tzivanidis (2018) sugirieron que los rangos de temperatura para el colector cilindro-parabólico están entre 200°C y 400°C, sin embargo, el módulo proporciona una temperatura de salida de 120°C y sigue siendo útil para la aplicación.

Liu, Huang y Mao (2015) experimentaron para validar la eficiencia térmica de su modelo, el cual analiza las variables que lo influyen y obtuvo un 73,7%, que es solo un 0,01% diferente de la eficiencia térmica calculada para el módulo propuesto, también Bellos y Tzivanidis (2018) experimentaron en un colector cilindro-parabólico con el

mismo ancho y tubo receptor, con la principal excepción de que el módulo presentado en este análisis utiliza cuatro veces los canales utilizados por (Bellos and Tzivani-  
dis, 2018) y la eficiencia térmica obtenida por el experimento fue de 72,51%, sólo un 1,29% diferente de la eficiencia térmica obtenida en este estudio, por lo que el cálculo de la eficiencia térmica se muestra en línea con la literatura.

Según Solar Power and Chemical Energy Systems (2020), la mayoría de los proyectos de concentración solar en todo el mundo, ya sean operativos, en construcción o en desarrollo, son a gran escala, sin embargo, STS-med (2016) sugiere que hay un futuro brillante para sistemas integrados que utilizan la energía solar como fuente de energía para proyectos de concentración solar a pequeña escala fuera de la red. En línea con este argumento, el presente estudio demuestra que debe haber una tendencia creciente hacia el desarrollo de módulos descentralizados que integren diversas tecnologías para satisfacer las necesidades de las áreas rurales, no solo en Nigeria sino también en muchos países en desarrollo que enfrentan falta de refrigeración, desalinización agua o electricidad donde la radiación solar es abundante.

#### *Limitaciones de la investigación*

Las limitaciones de la investigación se dividen en cuatro subsecciones según los resultados: análisis multicriterio, desempeño del campo solar, diseño esquemático y tridimensional y evaluación técnica y económica.

#### *Análisis multicriterio*

Los parámetros elegidos para cada análisis y sus pesos de importancia fueron seleccionados considerando el objetivo de la investigación, sin embargo, los resultados de los análisis multicriterio están limitados por los intereses particulares de este estudio. En este caso, las variables económicas no jugaron un papel crucial en los criterios, pero, fueron consideradas.

Por otro lado, las calificaciones otorgadas para la evaluación de cada alternativa se basan en la literatura existente, por lo que las mediciones no fueron confirmadas y validadas experimentalmente, simplemente se tomaron de fuentes acreditadas.

#### **Rendimiento del campo solar**

El rendimiento del campo solar para el colector cilindro-parabólico se realizó con base en un modelo analítico de ecuaciones, probado por Bellos y Tzivanidis (2018), encontraron una desviación máxima de los resultados del modelo de las pruebas ex-

perimentales de 0.02%, sin embargo, algunos de los datos utilizados para calcular el rendimiento del módulo, como diferentes radiaciones, caudal volumétrico y temperatura de entrada entre otros, podrían haber aumentado ligeramente la desviación, los resultados de este estudio dan una aproximación precisa del rendimiento, pero los valores en la práctica puede variar, ya que siempre hay una diferencia entre la teoría y la práctica. Además, no existe un modelo teórico que considere todas las variables involucradas en el desempeño de un sistema de concentración solar.

Por otro lado, los supuestos consideraron como insignificantes las pérdidas de la tubería que conecta las dos líneas del cilindro parabólico, lo que puede afectar levemente el resultado final.

Adicionalmente, la instalación fotovoltaica se calculó con base a los datos extraídos de Global Solar Atlas (2020b), la inclinación y la salida de potencia óptimas se obtuvieron del simulador, sin embargo, se limita a utilizar un panel fotovoltaico genérico e inversor, de ahí que la salida fotovoltaica no es la mejor aproximación y podría optimizarse. Finalmente, en comparación con la información disponible para plantas de concentración solar a gran escala, existe información limitada para calcular el rendimiento del colector cilindro-parabólico a pequeña escala, por lo tanto, el tamaño del colector cilindro-parabólico utilizado para este análisis y el diseño propuesto se utiliza principalmente en plantas termo solares a gran escala para facilitar los cálculos y validar los resultados con otros trabajos experimentales.

#### *Diseño esquemático y tridimensional*

El diseño esquemático y tridimensional son realmente importantes para ayudar al lector a comprender la imagen completa del módulo con características técnicas y especiales, sin embargo, son limitadas y no muestran todos y cada uno de los detalles de la instrumentación necesaria para construir el módulo, tales como bombas, válvulas y torres de enfriamiento, entre otros. La razón por la que no se muestran es que la instrumentación del módulo está fuera del alcance de este estudio, sin embargo, con más tiempo, podrían haberse incluido.

#### *Evaluación técnica y económica*

Las evaluaciones técnicas y económicas se vieron limitadas por la falta de información disponible de Bauchi, por lo tanto, algunos de los valores se obtuvieron de los datos de Nigeria, en lugar de específicamente de Bauchi. Esto podría haber afectado la precisión de la evaluación.

## Conclusiones

El estudio tuvo como objetivo diseñar un módulo compacto de energía solar de concentración a escala de kW para proporcionar enfriamiento a las personas que viven en áreas rurales en Bauchi, Nigeria, que enfrentan amenazas inmediatas debido a la falta de acceso a enfriamiento. Para lograrlo, se propuso la metodología para evaluar diferentes tecnologías bajo un análisis multicriterio para seleccionar el tipo de colector solar y almacenamiento térmico PCM más adecuado, se calculó el rendimiento del campo solar, se modeló el módulo propuesto en un software de modelado tridimensional y el diseño final fue evaluado técnica y económicamente.

Como resultado, la investigación entregó un modelo tridimensional de un módulo integrado térmicamente eficiente, capaz de proporcionar acceso a refrigeración para 17 nigerianos por módulo en áreas donde la electricidad no es confiable o no existe mediante el uso de energía solar como principal fuente de energía. El estudio no solo beneficia a los 470 millones de nigerianos que viven en áreas rurales que enfrentan la falta de enfriamiento, sino que también abre el potencial para ampliar el diseño que se implementará en muchos otros países en desarrollo con necesidades similares y abundante radiación solar.

Los hallazgos sugieren que la investigación del rendimiento de colectores de cilindro más pequeños podría resultar en importantes mejoras en la configuración del campo solar y mejorar la eficiencia térmica y óptica. Además, el estudio encontró una oportunidad prometedora en la integración de otras fuentes de energía al módulo, como las mini turbinas eólicas y recomendó evaluar la posibilidad de incluir la desalación por absorción como otra aplicación del módulo.

Finalmente, la investigación identificó una tendencia imperativa a descentralizar el suministro de energía para evitar costos de infraestructura a fin de brindar acceso a la energía para todos y propuso un módulo integrado a pequeña escala como una solución convincente para contribuir a lograr este objetivo.

## Agradecimientos

En primer lugar, quisiera agradecer a Dios por estar presente en cada paso que he dado, por fortalecer mi espíritu y poner todos los elementos necesarios en mi dirección para que pudiera completar esta etapa.

Me gustaría agradecer a mi supervisor, el Dr. Jerry Luo, por inspirar mi interés en el desarrollo de tecnologías innovadoras y por su orientación a lo largo de cada etapa del proceso. A FocalSun, por patrocinar este proyecto.

Al personal de Cranfield University por su tiempo y aportes para buscar la mejor versión de este trabajo y a todos aquellos que participaron en este proceso, ya sea directa o indirectamente.

Al CONACYT por la beca para estudiar en el extranjero.



## Referencias

Baig, M. H., Surovtseva, D. and Halawa, E. (2015) 'The Potential of Concentrated Solar Power for Remote Mine Sites in the Northern Territory, Australia', *Journal of Solar Energy*, 2015, pp. 1–10. doi: 10.1155/2015/617356.

Bellos, E. and Tzivanidis, C. (2018) 'Analytical Expression of Parabolic Trough Solar Collector Performance', *Designs*, p. 17. doi: 10.3390/designs2010009.

Christina Ospina (2018) 'Cooling Your Home but Warming the Planet: How We Can Stop Air Conditioning from Worsening Climate Change', *Climate Institute*, pp. 1–8. Available at: <https://climate.org/cooling-your-home-but-warming-the-planet-how-we-can-stop-air-conditioning-from-worsening-climate-change/>.

Fleming, P. (2018) 'Africa 's Cooling Challenge Heats Up As Continent Warms', *Sustainable Energy for All*.

Global Solar Atlas (2020a) *DNI Bauchi report*.

Global Solar Atlas (2020b) *PV Report Bauchi*.

Honguntikar, P. and Pawar, U. (2019) 'Characterization of Erythritol as a Phase Change Material', *International Journal for Science and Advance Research in Technology*, 5(1), pp. 329–332. Available at: <file:///y/20604.pdf>.

Liu, X., Huang, J. and Mao, Q. (2015) 'Sensitive Analysis for the Efficiency of a Parabolic

Trough Solar Collector Based on Orthogonal Experiment', *International Journal of Photoenergy*, 2015. doi: 10.1155/2015/151874.

Solar Power and Chemical Energy Systems (SolarPACES) (2020) *Concentrated Solar Power (CSP) Projects around the World*. Available at: <http://helioscsp.com/concentrated-solar-power-csp-projects-around-the-world/>.

Sotirios, K., Tryfon, C. R., Nikolaos, T., Konstantinos and Braimakis (2019) *Solar Cooling Technologies*. CRC Press.

STS-med (2016) 'Concentrated Solar Thermal Energy Systems Handbook', *Energy Sources*, p. 315.

Vant-Hull, L. L. (2012) 'Concentrating Solar Power Technology. Principles, Developments, and Applications', in *Central Tower Concentrating Solar Power (CSP)*. Woodhead Publishing, pp. 240–281.

# AUTOMATIZACIÓN DE LA UNIDAD DE POTENCIA HIDRÁULICA EN UNA LAMINADORA TIPO REVERSIBLE UTILIZANDO AUTOMATION STUDIO



*Gustavo Juárez Sevilla<sup>1</sup>, Zósimo Ismael Bautista Bautista<sup>2</sup>, Ricardo Navarro Soto<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, [gjuarezs1800@alumno.ipn.mx](mailto:gjuarezs1800@alumno.ipn.mx)

<sup>2</sup>ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, [zbautista@ipn.mx](mailto:zbautista@ipn.mx)

<sup>3</sup>ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, [rinarvarros@ipn.mx](mailto:rinarvarros@ipn.mx)



## Resumen

En este trabajo se propone la automatización de la unidad de potencia hidráulica de una laminadora tipo molino reversible utilizada en el proceso de laminación del cobre. Con dicha propuesta se tiene la finalidad de disminuir la temperatura en el sistema, evitando y previniendo fugas de aceite que presenta la unidad. La empresa productora de cobre cuenta con varios procesos de laminación, y uno de ellos es el de laminación en frío. Actualmente se encuentra operando un solo turno, debido a que la unidad de potencia hidráulica que suministra la presión necesaria al proceso presenta una elevación del 55% de la temperatura, por encima del rango de operación, lo que genera fugas a través de mangueras y juntas, provocando una elevación en costos de consumo de energía eléctrica y de aceite hidráulico. Este trabajo resuelve un problema técnico-económico, ya que reduce los costos de operación.

**Palabras clave:** Automatización, Hidráulica, Laminadora, Proceso, Software.

## Antecedentes

El laminado se utiliza en los procesos de fabricación de los aceros, aluminio, cobre, magnesio, plomo, estaño, zinc, y sus aleaciones. Casi todos los metales utilizados en la industria han sufrido una laminación en alguna etapa de su conformación. Mediante el proceso de laminación se modifican a formas comerciales los perfiles colados en lingoteras o en máquinas de colada continua. Algunas de estas formas son aptas para su empleo directo (carriles, viga, etc.). Otras, han de sufrir modificaciones adicionales como es el caso de la chapa o alambre.

En este trabajo se expone el proceso de laminación debido a que el problema a resolver radica en este proceso y en una máquina para este fin. El proceso de laminación comienza con el calentamiento del lingote de cobre que se lleva a cabo en los hornos de fundición a una temperatura aproximada de 1200 °C como posteriormente es llevado a la laminadora a través de un tren de rodillos para ser posicionado por un par de actuadores. Dichos actuadores lo centrarán para pasar por otro par de actuadores donde al final de carrera tienen un elemento giratorio para empujar el lingote hacia los rodillos que reducirán su espesor. Al ser una laminadora tipo molino reversible, el lingote pasará tantas veces sea necesario por el mismo par de rodillos para reducir su espesor y así llevarlo a otra unidad hidráulica independiente. Dicho circuito responde a la secuencia mostrada en el diagrama estado-fase de la Fig. 1, cabe decir que dicha secuencia no se verá alterada con las propuestas que se plantean realizar.

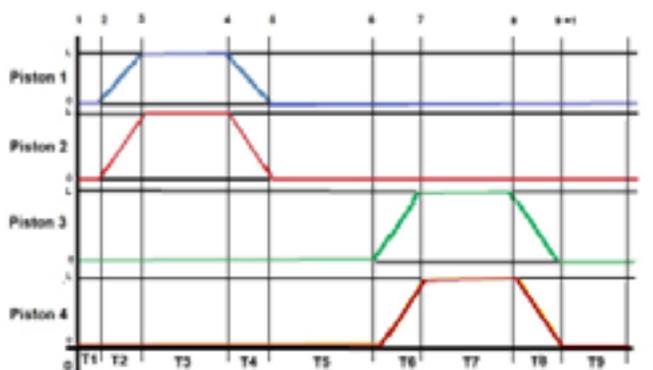


Figura 1. Diagrama estado fase del circuito hidráulico

El problema de la unidad de bombeo hidráulico radica en el aumento de la temperatura de esta, la cual asciende hasta los 65 °C a 70 °C cuando la temperatura de operación debería estar en un rango de 40 °C a 45 °C. Este aumento de temperatura provoca caídas de presión en los actuadores debido al calentamiento del aceite utilizado para el trabajo como el cual comienza a perder sus propiedades fisicoquímicas como de las cuales la más importante es la viscosidad. Una unidad de bombeo hidráulico no debe presentar fugas de ningún tipo al tener un aumento de presión y un aumento de temperatura, sin embargo, se presentan fugas de aceite que ascienden hasta 200 L semanales. La unidad cuenta con un tanque de 200 galones (757 L) y las pérdidas registradas representan un 26.42% de la capacidad total.

### **Objetivos**

- Disminuir la temperatura en la unidad de potencia hidráulica de una laminadora tipo molino reversible utilizada en el proceso de laminación del cobre para prevenir y evitar las fugas de aceite que presenta.
- Mantener una presión constante de trabajo en el sistema.
- Mantener en condiciones óptimas de trabajo el aceite hidráulico conservando sus propiedades fisicoquímicas.
- Disminuir los costos de consumo de energía eléctrica y aceite hidráulico.

### **Desarrollo de las propuestas técnicas**

A continuación, se explica cuáles son los elementos que se proponen con el fin de ser añadidos al circuito hidráulico, explicando mediante algunas de sus especificaciones técnicas más importantes el porqué de su propuesta y cuáles son las ventajas que se tienen con sus usos.

### **Acumulador**

El uso de estos dispositivos capaces de almacenar energía en forma de fluido bajo presión se justifica al utilizar la energía guardada para mantener la presión en el sistema, además también se aplica como una medida de seguridad, ya que al presentarse una falla eléctrica o mecánica o bien, falle el sistema de suministro hidráulico, la energía acumulada puede ser aprovechada para que el operador active manualmente las válvu-

las direccionales y lleve los actuadores a una posición segura. Debido a que el aumento de la temperatura es consecuencia del aumento de la presión, se propone utilizar un acumulador debido a que se necesita una presión constante en el sistema, de esta forma se evitarán los picos de presión que ascienden hasta los 1,500 psi, esto representa un 50% de aumento sobre la presión nominal. A continuación, se citan las ventajas que se obtienen al emplear un acumulador.

- Al utilizarlo como almacenamiento de energía, reduce la tasa de flujo requerida de la bomba hidráulica.
- Debido a que se mantiene completamente cargado permite operaciones instantáneas y/o repetitivas.
- Amortiguación de pulsaciones y reducción de ruido debido a la baja inercia de su vejiga que mejora la precisión.
- Absorbe a las diferencias de presión causadas por la variación térmica en un circuito hidráulico cerrado
- Su diseño permite proteger los sistemas de flujo de alto volumen de aumento y de golpe de ariete al absorberlos.

Para observar el comportamiento de la presión del acumulador y cómo actúa con la presión de línea, se muestran 3 posibles casos con la ayuda del software Automation Studio 5.0. En la Fig. 2 se observa el primer caso donde la presión de la vejiga ( $P_V$ ) es de 810 psi, mientras que la de línea ( $P_L$ ) es de 1000 psi. En este caso, el comportamiento es exponencial desde que se inicia la carga hasta que se vence a la presión de la vejiga, alcanzando una presión estable.

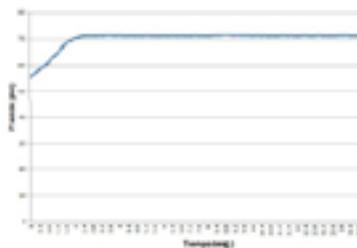


Figura 2. Primer caso:  $P_V$  menor a la  $P_L$

En el segundo caso, se revisa el comportamiento de la presión en la Fig. 3, donde se cambia la presión de la vejiga del acumulador, siendo está igual a la presión de línea de 1000 psi. Al ser la misma presión en ambos puntos, ambas presiones se neutralizan, es por esta razón que la gráfica muestra un comportamiento lineal.

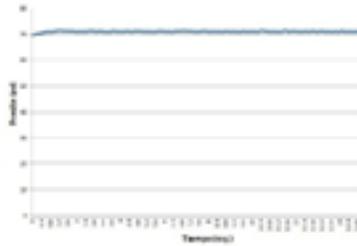


Figura 3. Segundo caso:  $P_v$  igual a la  $P_L$

En el tercer caso se tiene a la presión de la vejiga del acumulador en 1500 psi, por lo que es mayor a la presión de línea de 1000 psi. En la Fig. 4 se observa que en el comportamiento de este caso, en el cual hay una perturbación en los primeros segundos, esto debido a que en el momento en el que las válvulas direccionales pasan a una posición de centro bloqueado, el flujo de aceite se va hacia el acumulador para intentar cargarlo, pero al estar este último cargado a una presión mayor a la de línea no lo logra alcanzarlo.

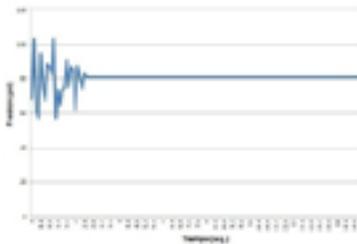


Figura 4. Tercer caso:  $P_v$  mayor a la  $P_L$

La presión a la que debe precargarse un acumulador para una aplicación de almacenamiento de energía debe ser aproximadamente el 90% de la presión mínima aceptable de trabajo, la cual en este caso debe ser de 900 psi, por lo cual tenemos que la presión a la que debe recargarse en nuestro acumulador es de:

$$P=900 \text{ psi} \cdot 0.9=810 \text{ psi}$$

### Sistema de enfriamiento por aire

Los fluidos hidráulicos que presentan temperaturas por encima de los 82 °C aceleran su degradación y provocan que se dañen la mayoría de los componentes con los que se fabrican los sellos, sin embargo, si la temperatura de un aceite es demasiado alta su viscosidad caerá por debajo del valor óptimo.

La laminadora tipo molino reversible se encuentra a una temperatura ambiente de 30 °C, mientras que la unidad de potencia hidráulica se encuentra operando una temperatura de 65 °C a 70 °C. La unidad cuenta con un sistema de enfriamiento que consiste en un intercambiador de calor de tubos. Se propone sustituir el sistema de enfriamiento por uno de aire, debido a los beneficios que trae al sistema y al ahorro económico con el que contribuye. Para elegir este sistema de enfriamiento se realizaron observaciones en campo analizando los pros y contras de cada sistema, mientras que para determinar el modelo (ULAC 044D) y la capacidad se tomaron en cuenta los BTU's que el sistema necesita disipar. El sistema de enfriamiento por aire es más eficiente por las siguientes razones.

- No hay riesgo de contacto con el aceite.
- No requiere de un sistema previo de tratamiento.
- Puede ubicarse en cualquier ambiente de trabajo.
- Su diseño compacto tiene mayor capacidad de refrigeración y menor caída de presión.

Si tenemos que la bomba gira a 1750 RPM y otorga un total de 57 GPM a una presión del sistema de 1000 psi. La potencia del sistema está dada de acuerdo con la fórmula:

$$HP = (G \cdot P) \cdot 0.0007 \frac{ft \cdot in^2 \cdot min}{gal \cdot seg} = \left( 57 \frac{gal}{min} \cdot 1000 \frac{lb_f}{in^2} \right) \cdot 0.0007 \frac{ft \cdot in^2 \cdot min}{gal \cdot seg} = 39.9 HP$$

Al comparar el resultado de la ecuación anterior con la potencia del sistema cuando se alcanza una presión de 1500 psi al momento en el que las válvulas direccionales se encuentran en su posición de centro bloqueado, la potencia será de:

$$HP = \left( 57 \frac{gal}{min} \cdot 1500 \frac{lb_f}{in^2} \right) \cdot 0.0007 \frac{ft \cdot in^2 \cdot min}{gal \cdot seg} = 59.85 HP$$

$$\Delta HP = 59.85 HP - 39.9 HP = 19.95 HP$$

Cuando el sistema alcance la presión pico de 1500 psi, será mayor. De acuerdo con la siguiente equivalencia, se obtiene la potencia del sistema en *BTU/hr*.

$$1 \text{ HP} = \frac{2445 \text{ BTU}}{\text{hr}} \rightarrow (39.9 \text{ HP}) \left( \frac{2445 \text{ BTU/hr}}{1 \text{ HP}} \right) = 101545.5 \text{ BTU/hr}$$

Se sabe que el aceite alcanza temperaturas de 70 °C, los cuales equivalen a 158 °F y la temperatura ambiente tiene una media de 30 °C que equivalen a 86 °F por lo que la diferencia de temperatura es de 72 °F. La capacidad de disipación es adquirida de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Calor a disipar} = \frac{\text{Potencia del sistema [BTU/hr]}}{\text{Diferencia de temperatura } [\Delta t]} = \frac{101545.5 \text{ BTU/hr}}{72 \text{ }^\circ\text{F}} = 1410.35 \frac{\text{BTU}}{\text{hr } ^\circ\text{F}}$$

Con un flujo de 57 GPM y un calor a disipar de  $1410.35 \frac{\text{BTU}}{\text{hr } ^\circ\text{F}}$  se busca en la gráfica de las curvas características de la Fig. 5, donde se representa la capacidad de disipación de los modelos disponibles de sistemas de enfriamiento por aire, con lo cual se tiene que el modelo correspondiente a nuestro sistema es el ULAC 33D, pero dado a que la capacidad máxima de disipación de este modelo está muy cercana a la capacidad requerida, se opta por proponer el modelo inmediato superior ULAC 044D, con lo cual se tiene un rango mayor disipación.

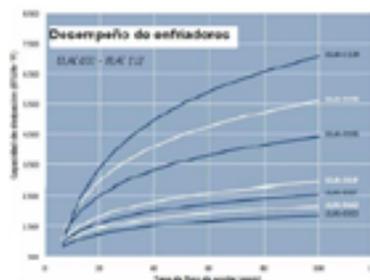


Figura 5. curvas de disipación de calor

### **Válvula de alivio-descarga**

Las válvulas de seguridad pilotadas se utilizan para liberar caudales altos con pérdidas mínimas de presión, la válvula de descarga con la que se cuenta en la unidad de potencia hidráulica cuenta con una señal piloto que proviene de la línea de flujo que está en la entrada de esta y se encuentra calibrada para abrir la válvula a una presión de 1000 psi. Debido a que la bomba que se está utilizando es de desplazamiento positivo, cuando el flujo encuentra un bloqueo, esta aumenta la presión hasta vencerlo. En esta parte entra en funcionamiento el pilotaje de la válvula, la cual se abrirá al llegar a una presión de 1000 psi dejando pasar el flujo de aceite hacia el depósito a una presión elevada y una vez que disminuye la presión a menos de 1000 psi, la válvula vuelve a cerrar, ocasionando que los actuadores no estén en funcionamiento y la válvula de alivio está en constante accionamiento, provocando un desgaste mecánico en la misma y un aumento en la temperatura debido al trabajo realizado. Se propone utilizar una válvula de alivio descarga URT210 de EATON o una similar en calidad y costo, que pueda recircular el fluido a una baja presión hacia el depósito de aceite con el diámetro de la tubería de 1 ¼ in. Una de las ventajas de esta válvula es que nos permite colocar la señal piloto en otro punto del circuito hidráulico, a diferencia de la válvula con la que actualmente cuenta el sistema con pilotaje directo.

### **Filtro y ByPass de seguridad**

El circuito hidráulico actual no cuenta con un filtro en la línea de retorno que atrape las impurezas con las que se pueda contaminar el aceite, por lo que se propone utilizar un filtro OFRS60 o uno similar en características, calidad y costo ya que es un filtro diseñado para uso en las líneas de retorno de los sistemas hidráulicos. Al eliminar los contaminantes de partículas del fluido, se mejora el rendimiento y la fiabilidad de los componentes del sistema mientras extiende su vida útil.

El objetivo de poner este tipo de filtro es que nos permite integrar un bypass de seguridad el cual está formado por una válvula check C2820, que es el mismo modelo de válvula check con el que ya cuenta el sistema, para así mantener en óptimas condiciones la unidad de potencia hidráulica. Si el filtro se llega a tapar por demasiadas impurezas, empezará a bloquearse el paso del flujo constante, por lo que se incrementará la

presión y cuando esto ocurra, el flujo se desviará al bypass de seguridad cuya válvula está calibrada a 65 psi, haciendo posible el retorno del flujo al depósito.

### Costo de la propuesta para la disminución de la temperatura de la unidad de potencia hidráulica

El costo de las mejoras técnicas que se proponen para la unidad de potencia hidráulica, mostradas en la Tabla 1 comprende: los elementos hidráulicos y materiales para su instalación, así como la mano de obra, puesta en marcha y pruebas necesarias para verificar el correcto funcionamiento de dicha unidad.

*Tabla 1. Tabla de costos de materiales*

Concepto	Cantidad	Costo	Importe
Acumulador	1	\$1200 USD	\$1200 USD
Sistema de enfriamiento	1	\$3500 USD	\$3500 USD
Válvula de desfogue	1	\$20 USD	\$20 USD
Filtro	1	\$500 USD	\$500 USD
Válvula de alivio descarga	1	\$1200 USD	\$1200 USD
Tubería, manguera y conectores	1	\$2000 USD	\$2000 USD
Manómetro	2	\$25 USD	\$50 USD
Válvula aisladora	2	\$23 USD	\$46 USD
Válvula check	1	\$800 USD	\$800 USD
Mano de obra			
Elaboración de diagramas			\$1200 USD
Manual de mantenimiento			
Subtotal		<b>\$10,516 USD</b>	
IVA 16%		<b>\$1,682.56 USD</b>	
Total		<b>\$12,199.56 USD</b>	

### Resultados

En el análisis de costos se observa que la inversión que se tiene que realizar representa una cantidad importante sin embargo es redituable. El aceite que usa la unidad de potencia hidráulica es de la marca “Mobil oil” serie DTE 26, este aceite se suministra en tambos de 200 L, cuyo precio por litro es de \$30 pesos. Si se considera que las pérdidas

semanales de aceite por fugas ascienden a 200 L, se tiene una pérdida económica considerable de \$6000 pesos, esto representa al mes (dependiendo del número de semanas) una pérdida de \$1846. 1538 USD en fugas de aceite.

Considerando el costo que representan las fugas de aceite mensualmente, el retorno de la inversión del proyecto se recuperará en un tiempo estimado de 6 a 7 meses.

$$\frac{\text{Costo total del proyecto}}{\text{Costo por pérdidas mensuales}} = \frac{\$12199.56 \text{ USD}}{\$1846.1538 \text{ USD}} = 6.61$$

## Conclusiones

En la propuesta realizada de rediseño del circuito hidráulico de la unidad de potencia de la laminadora, se puede observar mediante las gráficas presentadas, la estabilidad que presenta la presión al usarse los elementos propuestos.

El objetivo de disminuir la temperatura en la unidad radica en la importancia de mantener un proceso en óptimas condiciones, que pueda dar un mejor rendimiento, disminuyendo costos por mantenimiento aunado a la seguridad del personal que labora en la planta y al que opera la laminadora.

Al controlar la presión para mantenerla en un rango adecuado de operación, se evita que haya aumentos en la misma, traducido en una disminución del aumento de la potencia de ésta. La disminución se logra debido a que el flujo ya no encuentra restricciones constantes a su paso provocadas por la constante apertura y cierre de la válvula de descarga.

## Agradecimientos

Este trabajo se pudo realizar gracias a la colaboración de los alumnos y docentes de la Carrera de Ingeniería En Control y Automatización de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica unidad Zacatenco del Instituto Politécnico Nacional, y quien proporcionó los medios, así como la utilización de los Laboratorios.

Agradecemos al director y codirector de este trabajo, al M. en C. Ricardo Navarro Soto y al Ing. Zósimo Ismael Bautista Bautista respectivamente, por la realización de

la tesis con el título “Propuesta de actualización a la unidad de potencia hidráulica para disminución de la temperatura en una laminadora tipo molino reversible para el proceso de laminación en frío de lingotes de cobre”.



## Referencias

- Roca F. (1997). Oleo hidráulica básica: diseño de circuitos, Edición UPC, Barcelona.
- Tremps E; José L; Berciano E; Fernández D; de Elio S. (2010). Monografías sobre tecnología del acero. Parte IV, Madrid.
- VYCMEX México S.A. de C.V. (2006). Fluid Power Data Book, Womack Educational Publications, Dallas Texas.
- INACAP. (2012). Manual de hidráulica y Neumática, Instituto Nacional de Capacitación Profesional, Santiago de Chile.
- EATON. (2012). División Eléctrica, Productos y Servicios, Residencial, Switch de presión. Centroamérica y Caribe. Disponible en: <http://www.eaton.do/Caribbean/DivisiónEléctrica/Productos/Residencial/SwitchdePresión/index.htm>.

# CALIDAD DEL SUELO, USO Y APROVECHAMIENTO EN EL CAUCE URBANO DE LA CIUDAD DE BALANCÁN, TABASCO



**Antonio de Jesús Vidal-Jiménez<sup>1</sup>, Luis Antonio Arcos Que**

*División Académica de Ingeniería Ambiental,  
Tecnológico Nacional de México, Campus de los Ríos  
[ajvidal\\_3@hotmail.com](mailto:ajvidal_3@hotmail.com)<sup>1</sup>*



## Resumen

La investigación se realizó en una sección de 61.10ha del cauce urbano en Balancán Tabasco con coordenadas 655753.00m E-1969018.00mN, con el fin de determinar la situación actual del suelo en relación con los parámetros de calidad y las actividades antropogénicas; se diseñaron mapas aéreos, se caracterizaron sitios, mediante un monitoreo en 33 puntos dentro de un polígono de 9.68km, se analizaron ex-situ parámetros como: pH, conductividad eléctrica, temperatura, humedad, salinidad, densidad, textura y color, de acuerdo con la NOM-021-SEMARNAT-2000 y se obtuvieron las elevaciones sobre el nivel del mar. Obteniéndose un pH de 8.1, temperatura media de 28°C, densidad de 1.2g.cm<sup>-3</sup>, con texturas franco arcillosa y suelos no compactos, la salinidad se mantuvo dentro de 0 a 5%, la conductividad eléctrica presenta 0.3 ms.cm<sup>-1</sup>, la humedad oscila de 2.9% suelos Gleysols, color amarillento marrón; con un 30% de capacidad de absorción, alturas snm de 12-4m, encontrándose una calidad actual aceptable.

**Palabras clave:** Impactos ambientales, actividades antropogénicas, parámetros fisicoquímicos.

## Antecedentes

Alrededor de la cuenca del Usumacinta en el municipio de Balancán, Tabasco se identifican posibles impactos ambientales, derivado de actividades productivas que se realizan como los monocultivos, dichas actividades no solo pueden afectar directamente la mala calidad del suelo, sino debido a la presencia de precipitación que arrastra los minerales no aprovechados por el suelo, estos pueden llegar a los cauces del río alterando su composición natural y generando contaminación. La erosión hídrica se divide en tres tipos: deformación de terreno, efectos fuera de sitio y pérdida de suelo superficial. Este último tiene serias consecuencias en las funciones del suelo: remueve los nutrientes y la materia orgánica, reduce la profundidad de enraizamiento de las plantas. En el medio ambiente se desarrollan diversos impactos ambientales algunos derivados de las actividades antropogénicas y otros por desastres naturales, la interacción de los humanos con los recursos naturales tienden a modificar los ecosistemas generando impactos ambientales de diferentes sectores y alterando la calidad de suelo, agua, aire y biodiversidad (Guevara, 2009). Los impactos al suelo son muy comunes en casi todas las actividades antropogénicas, modificando principalmente la calidad y la fertilidad de los suelos, afectando los suelos agrícolas. En el caso de la ganadería la compactación del suelo, reduce el oxígeno y el contenido de agua en suelos compactado; también los fenómenos naturales causan impactos al ambiente ocasionando la erosión, como el proceso de sustracción o desgaste del suelo (Molina, E. y Meléndez, G, 2002). El crecimiento de la población en Tabasco ocasiona la sobre explotación de los recursos naturales ocasionando, pérdida de vegetación, dejando suelos desnudos y alterando la calidad del suelo (Gordillo-Ruiz, 2017). Alrededor del cauce urbano, en la ciudad de Balancán, Tabasco, se identifican actividades antropogénicas como la agricultura, el impacto de la población humana sobre los recursos naturales ha crecido a niveles sin precedentes (Haberl, 2014). La dinámica socioeconómica y cambios en el uso del suelo, generan una fuerte migración de la población rural a los centros urbanos, ocasionando un crecimiento urbano acelerado (Fries et al., 2010). En el municipio de Balancán, Tabasco se realizan actividades antropogénicas productivas principalmente de agricultura, desconociéndose en la actualidad el grado de afectación ocasionadas al suelo o que incidan en la calidad del agua, siendo la cuenca del río Usumacinta la principal fuente de abastecimiento de agua para todas las actividades agrícolas, pudiendo ser también el principal receptor de contaminantes por residuos generados por dichas

actividades. Debido a lo anterior, se realizó un análisis de suelo en una región que interactúa con la subcuenca del Usumacinta en la ciudad de Balancán Tabasco, en donde frecuentemente se han realizado actividades de agricultura y cuyo sitio se encuentra rodeada por el caudaloso río Usumacinta; se determinaron 33 puntos de muestreo, dentro de un área de 61.10 hectáreas. Las muestras de suelo fueron extraídas para su posterior análisis de laboratorio, obteniéndose los parámetros de textura, color, humedad, conductividad eléctrica, pH, temperatura y salinidad de acuerdo con la (NOM-021-SEMARNAT-2000), posteriormente se determinó la calidad actual del suelo, uso y aprovechamiento y en el cauce urbano de la ciudad de Balancán, Tabasco.

## Objetivo

Identificar la problemática ambiental en materia de suelo y determinar la situación actual en relación con los parámetros de calidad y las actividades antropogénicas realizadas en el sitio con el fin de y proponer alternativas sustentables de aprovechamiento en el cauce urbano en la ciudad de Balancán de Domínguez, Tabasco.

## Parte experimental

Con ayuda de la herramienta Google Earth se ubicó el área de estudio, identificándose con coordenadas 655753.00 m E - 1969018.00 m N, la zona se encuentra dentro de un perímetro de 9.68 kilómetros, con un área de 61.10 hectáreas. De acuerdo con la normatividad ambiental vigente en materia de suelo se recopilaron los fundamentos teóricos para identificar los procedimientos a realizar de forma in-situ y ex-situ. Utilizando la herramienta Google Earth se establecieron puntos de muestreo mediante el método aleatorio, se posicionaron las coordenadas para delimitar la zona de estudio y se diseñaron mapas aéreos, posteriormente se seleccionaron los sitios impactados con apariencia de presencia de actividades antropogénicas y se establecieron de forma aleatoria 33 puntos de muestreo con coordenadas UTM, se consultaron fuentes como CONAGUA para obtener información de parámetros ambientales, consecutivamente se procedió al trabajo de campo, se extrajeron muestras con un peso de un kilogramo aproximadamente, utilizando palas y cava hoyos, dichas muestras fueron almacenadas en bolsas de polietileno de cierre hermético con capacidad de 2 kilogramos, rotuladas y almacenadas a temperatura ambiente para su posterior traslado

al laboratorio. Las muestras fueron tamizadas con una maya de 2 mm de diámetro obteniéndose submuestras de 500 gramos, posteriormente se determinaron los parámetros de: pH, conductividad eléctrica, temperatura, humedad, salinidad, densidad, textura y color. Para determinar el pH y la temperatura se utilizó un potenciómetro, la salinidad y conductividad eléctrica se obtuvo mediante equipos analíticos marca HANNA. Para determinar densidad real del suelo se utilizaron tubos de PVC de 5 cm de diámetro por 5 cm de altura. Mediante el método de sedimentación y a través del triángulo de texturas se determinó la textura de las muestras y con apoyo de la tabla Munsell se determinó el color. Se realizó una muestra compuesta tal como lo establece la norma NOM-021-SEMARNAT-2000 y se analizaron los parámetros antes mencionados. Mediante sistemas de información geográfica se identificó la ruta de muestreo y se obtuvieron las elevaciones sobre el nivel del mar, con ayuda del programa Qgis se exportaron las capas a Google Earth para ubicar los tipos y usos de suelo presentes en la zona. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente interpretándose con la normativa ambiental, identificando la situación actual del suelo y su influencia con la cuenca del Usumacinta.

## Resultados y discusión

En la zona de estudio se realizan actividades productivas de agricultura, existen asentamientos humanos y generación de aguas residuales, alrededor de la cuenca del Usumacinta, se encuentran zonas específicas de monocultivos de maíz, sandía y plátano; el sitio de muestreo cuenta con poca vegetación, suelos desnudos, áridos, sin presencia de microbiota y labrados para cultivo, se realiza la quema de terrenos para agricultura, hay ausencia de fauna silvestre, identificándose únicamente fauna domesticada, durante el monitoreo se identificaron presencia de residuos peligrosos producto de la actividad agrícola. La subcuenca se encuentra baja en su caudal, lo que permite la formación de sitios de arena cerca de los cauces. De acuerdo con CONAGUA 2018, la subcuenca Usumacinta presenta un flujo de tipo perenne y corriente ascendente (sur-este), según en las descripciones de las cuencas regionales hidrológicas. La precipitación total anual varía de 1 500 mm a 2 500 mm. La estación hidrométrica San Pedro Tabasco, reporta un volumen de 2304.45 mm<sup>3</sup> escurridos al año; el Usumacinta en la estación hidrométrica Boca del Cerro, reporta un volumen medio anual de 56 113.74 mm<sup>3</sup>.

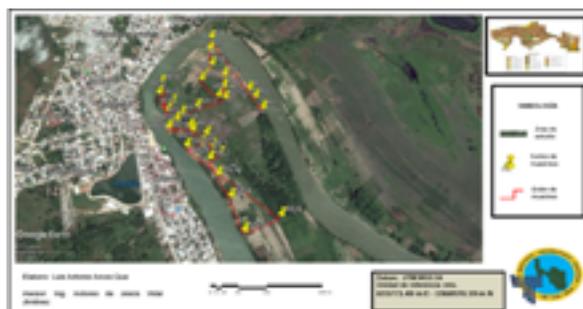


Figura 1. Ubicación del área de estudio. Fuente: Google Earth.



Figura 2. Análisis de PH.

El potencial de hidrogeno se encuentra dentro de un rango de 7.4 a 8.2, dentro de una media aritmética de 8.0, siendo suelos medianamente alcalinos de acuerdo con la normatividad en materia de suelos.

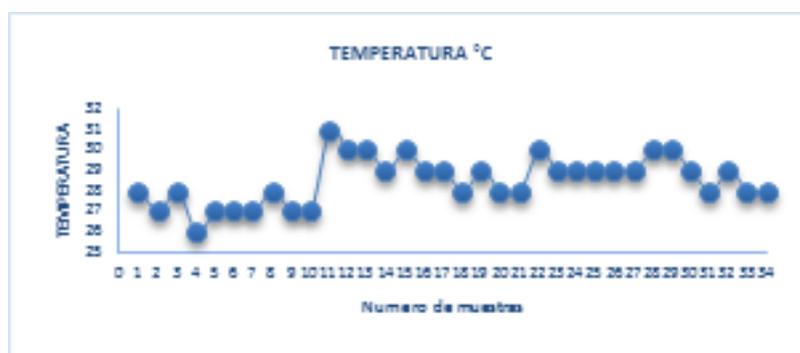


Figura 3. Análisis de Temperatura en las muestras de suelo colectadas.

La temperatura de suelo en el sitio oscila de 26 a 31°C con una media de 28.5. Los resultados tienen una influencia con el pH y la formación de materia orgánica ya que teniendo una temperatura ideal pueden ser suelos muy productivos siendo una temperatura adecuada para la proliferación de microorganismos y materia orgánica.

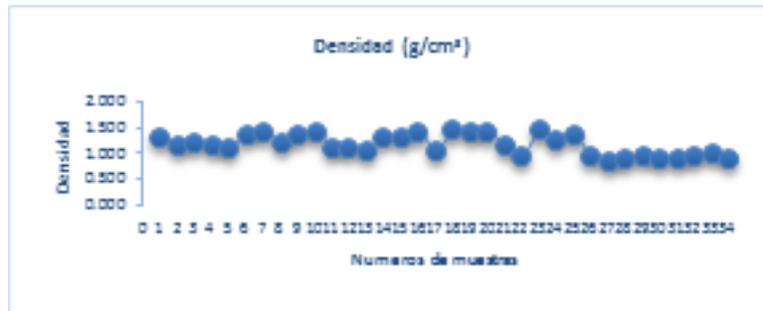


Figura 4. Densidad aparente.

La densidad de las partículas determinan la porosidad y el suelo es compacto afectando la humedad del suelo, la densidad real calculada oscila dentro de una categoría de 0.85 a 1.50 g cm<sup>-3</sup> obteniéndose una media de 1.2 g cm<sup>-3</sup> considerada una densidad de un suelo no compacto con textura franco arcillosa.



Figura 5. Porcentaje de Salinidad de las muestras colectadas.

La salinidad del suelo es proporcional a la conductividad eléctrica, se mantuvo dentro de un rango de 0 a 5% de salinidad considerándose un suelo fuertemente salino dentro de un rango de 1.1%.

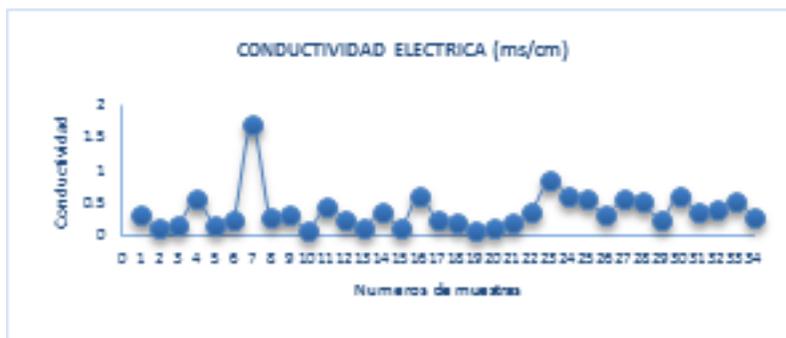


Figura 6. Conductividad Eléctrica.

La conductividad eléctrica es proporcional a la cantidad de sales que contiene el suelo manteniéndose dentro de un rango de 0.1 a 1.7 ms cm<sup>-1</sup> dentro de una media de 0.38 ms cm<sup>-1</sup>, considerándose un suelo normal con capacidad eléctrica aceptable.

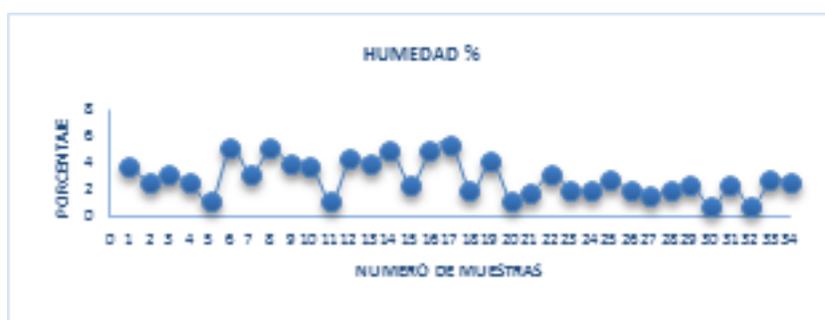


Figura 7. Porcentaje de Humedad.

El porcentaje de humedad es 2.93% dentro de un rango de 0.79% la más baja y a 5.51% la más alta. Los tipos de suelo presente en el sitio son Gleysols, estos tienen características de ser suelos húmedos e inundables.



Figura 8. Identificación de textura.

La textura del suelo es indicador de la retención de agua, materia orgánica y minerales, el tipo de textura presente mayormente es franco arcillo arenosa y franco-arcillosa, siendo suelos con alta capacidad de retención de agua, manteniendo presencia de materia orgánica y formando suelos adecuados y aptos para agricultura.

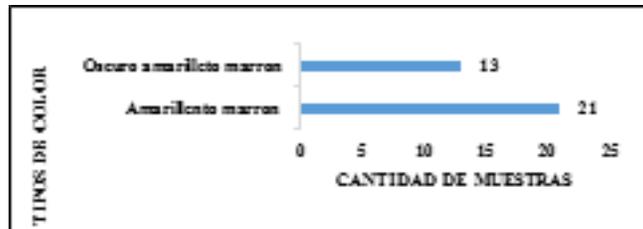


Figura 9. Color de suelo.

El color del suelo influye en la capacidad de absorber calor, se estima que los suelos oscuros pueden absorber hasta el 80% de la radiación solar, mientras que la capacidad de absorción de los suelos claros desciende hasta 30%, encontrándose dos tipos de color amarillento marrón y oscuro amarillento marrón, por lo que se estima que de acuerdo con las características, el suelo tiene capacidad de absorción de radiación, manteniendo una temperatura estable dentro de 26 a 31°C. A partir de las muestras relativamente homogéneas de la zona de muestreo; se sometió a análisis para determinar los parámetros anteriormente mencionados, obteniéndose que el área de estudio tiene condiciones óptimas para la agricultura, sin embargo, debido a la sobre explotación del recurso este se puede alterar en sus características óptimas de calidad de suelo.

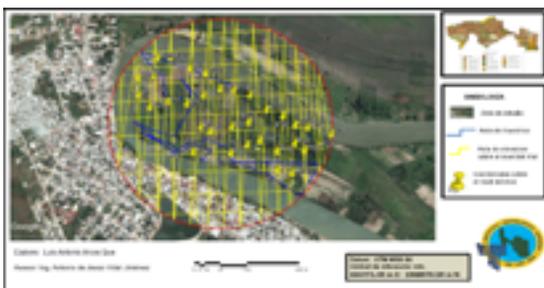


Figura 10. Altura sobre el nivel del mar.

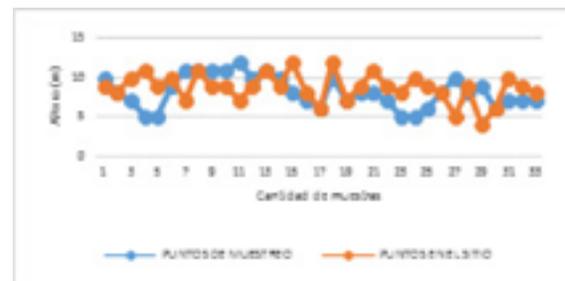
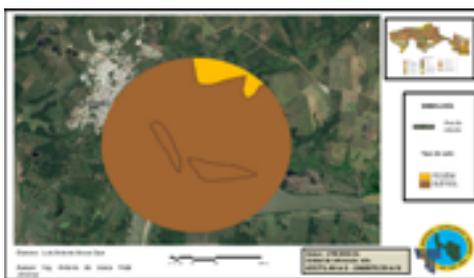


Figura 11. Elevación sobre el nivel del mar.

Fuente: Elaboración propia con imágenes de Google Earth, 2018.

Los puntos de elevación sobre el nivel del mar en el área de estudio varían con alturas de 12 m y en las zonas más bajas de 4 m teniendo un promedio de 8.1 m. La elevación sobre el nivel del mar indica que en los puntos más bajos se concentra mayor humedad y retención de precipitación o acumulados de lixiviados y de acuerdo con el tipo y uso de suelo en el sitio al ser un área dedicada a cultivos, el uso de herbicidas o productos químicos utilizados en la agricultura se acumulan en las zonas bajas pudiendo incidir en la calidad del agua de la cuenca del Usumacinta.



*Figura 12. Tipos de suelo.*

*Fuente: Elaboración propia con imágenes de Google Earth e INEGI 2015*

El suelo presente en el área de estudio es Gleysol con pequeñas porciones de Feozems, dichos suelos presentan presencia de humedad en su mayoría son suelos inundables; Sin embargo, durante el muestreo se observaban bastante secos, áridos y con sitios muy trabajados para agricultura.

## Conclusiones

Las actividades agrícolas son cada vez más intensas dejando suelos débiles compactos y erosionados. El pH del suelo es medianamente alcalino, haciendo referencia a un suelo fértil y apto para la agricultura, la conductividad eléctrica equivale a un suelo normal con capacidad eléctrica aceptable, El porcentaje de humedad representa suelos Gleysoles con particularidades húmedas y alta capacidad de retención de agua, materia orgánica, estabilizando factores fisicoquímicos, y haciéndolos muy productivos para la agricultura, el color se estima que cuentan con un 30% de capacidad para absorber el calor, vinculándose con otros factores como la temperatura, la altura de elevación sobre el nivel del mar indica que en los puntos más bajos se concentra mayor humedad y retención de precipitación con presencia de lixiviados. Actualmente en el sitio no existe impacto significativo al suelo, considerándose una calidad aceptable; Sin

embargo se realizan actividades agrícolas y sobreexplotación del recurso con malas prácticas ambientales que conllevan a la generación de residuos y al uso de herbicidas y fertilizantes que al ser infiltrados por precipitación pueden alterar las condiciones naturales del suelo y cuerpos de agua.



## Referencias

- Baver et al., 2. (2002). Facultad de agronomía universidad de la república. Propiedades físicas del suelo, 4.
- Bertsch, F. (2006). Universidad de Costa Rica. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica.
- Díaz-Romeu, R. H. (2009). Metodología de muestreo de suelos. Análisis químico.
- Fries et al. . (2010). Cambio de uso de suelo en la cuenca del rio sabinal, 45.
- Garritz, A. y. (2001). Muestreo de suelo para evaluar su fertilidad, 12.
- Gaucher. (2002). propiedades físicas del suelo, 58.
- Gordillo-Ruiz. (2017). Cambio de uso del suelo en la cuenca del río Sabinal, Chiapas, México, 10.
- Grez, R., Piel, A., & Añazco, R. (2000). Agroquímica, 12.
- Guevara, G. (2009). Efecto de la rotación en siembra directa sobre parámetros físicos de suelo. 12.
- Haberl. (2014). Manual de conservación de suelos y agua.
- Leenheer, 2. (2001). Facultad de agronomía universidad de la república. Propiedades físicas del suelo, 11.
- Mercedes, C. (2017). Cambio de uso del suelo en la cuenca del río Sabinal, Chiapas, México.
- Molina, E. y Meléndez, G. (2002). Tabla de interpretación de análisis de suelos.
- Molina, M. (2008). Centro de Investigaciones Agronómicas. ANÁLISIS DE SUELOS. NOM-021-SEMARNAT-2000. (2000).

- Ramírez, F. (2002). Centro de Investigaciones Agronómicas. Muestreo de suelos para diagnóstico de fertilidad.
- Robert. (2001). Universidad Autónoma Chapingo. Guía para interpretar el análisis químico del suelo y agua.
- Rucks, e. a. (2004). Facultad de agronomía Universidad de la república. Propiedades físicas del suelo, 54.
- Sánchez, B.; Ruiz, M. y Ríos, M.M. (2006). EDAFOLOGIA.
- SEMARNAT. (2003). Evaluación de la degradación del suelo causada por el hombre en la República Mexicana.

# USO DE HOJAS DE CÁLCULO Y GNU PLOT PARA ANÁLISIS DE ACEITES



*Becerril García Jairo Alexis\*, Nicolás Piña Saúl, Camacho Roldan Víctor Antonio,  
González Reyes Aldo*

*<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[sac.fesc@cuautitlan.unam.mx](mailto:sac.fesc@cuautitlan.unam.mx)\**



## Resumen

El GNU – Plot es un programa que permite generar graficas 2d. Sus principales virtudes son la facilidad de uso y un acabado de muy alta calidad. GNU – Plot nos puede servir en una ingeniería para el buen manejo de datos a la hora de estar en una industria. El objetivo de este trabajo de investigación es explicar qué es GNU – Plot para que se pueda entender mejor.

## Antecedentes

GNU - Plot es un programa de visualización gráfica de datos científicos. Permite realizar gráficos 2D y 3D de curvas, líneas de nivel y superficies, tanto a partir de funciones como de datos discretos. GNU - Plot es software libre, lo cual significa que cualquier persona lo puede utilizar y distribuir gratuitamente. Está disponible para casi todas las plataformas. La primera versión data de 1986. La última versión es la 4.0. Información sobre el programa se puede encontrar en su página web: <http://www.gnuplot.info> Los autores iniciales de GNU - Plot son Thomas Williams y Colin Kelly, quienes decidieron crear un programa que les permitiera visualizar las ecuaciones matemáticas de las clases de electromagnetismo y ecuaciones diferenciales. Su primera intención fue llamarlo «newplot», pero descubrieron que ya existía otro programa con ese mismo nombre, así que utilizaron el homófono (al menos en inglés) «GNU - Plot».

GNU - Plot no tiene ninguna relación con el proyecto GNU ni con la FSF. Actualmente ni es mantenido por la FSF ni está bajo la GPL. GNU - Plot es software libre en el sentido de que las fuentes están disponibles (y además son gratuitas), pero no se permite distribuir versiones modificadas.

GNU – Plot nos ofrece las siguientes funciones:

- Representaciones bidimensionales con distintos estilos (puntos, líneas o barras)
- Representaciones tridimensionales (contorno y superficie)
- Facilidades para etiquetar las gráficas, ejes y puntos representados (títulos y etiquetas)
- Permite realizar cálculos con enteros, decimales y complejos
- Posee un conjunto de funciones predefinidas y permite al usuario definir las suyas propias
- Ayuda en línea
- Funciona con distintos sistemas operativos y permite obtener gráficos en casi cualquier formato
- Permite el trabajo interactivo en modo o comando (batch)

Para GNU – Plot la variable independiente se llama X en gráficos bidimensionales, y X e Y en los tridimensionales

En general la sintaxis (y precedencia) a la hora definir fórmulas es la misma que se usa en Java o en C. La diferencia más destacada es que los exponentes se expresan precedidos por “\*\*”. Se pueden usar paréntesis para cambiar el orden de evaluación. La lista de todos los operadores se puede obtener con “help expressions” y luego “operators” desde el prompt de GNU - Plot.

GNU – Plot también ofrece unas funciones predefinidas. La sintaxis nuevamente es como la de Java o C. A modo de ejemplo:

- Funciones trigonométricas: sin, cos, tan. Su argumento es un número en radianes o grados
- Inversas de las funciones trigonométricas: sin, cos, atan. Devuelven el ángulo en radianes o grados
- Funciones hiperbólicas y sus inversas.
- Logaritmo de base e y su inversa y logaritmo en base 10: log, exp, log10

El usuario puede definir sus propias constantes y funciones. La definición de una constante es:

- Nombre de la constante “=” ecuación. Ejemplos:
- $\text{Pi} = 3.1416$
- $i = \text{sqrt}(-1)$

Para las funciones es semejante: nombre de la función (lista de las variables separadas por comas en caso de que la función tenga más de un parámetro) “=” ecuación.

- $f(x) = \text{rand}(x)$
- $\text{min}(a,b) = (a < b) ? a : b$

Una de las características de GNU – Plot es la gran cantidad de opciones para conseguir el acabado deseado; tipos de línea y colores utilizados, títulos de ejes y gráfica, clave, etiquetas y fechas. La lista es casi interminable. Existen dos formas de especificar las opciones:

- Utilizando los comandos set y show para establecer y mostrar su valor. Estas opciones se mantienen vigentes hasta que se modifiquen nuevamente con el comando set.
- Como parámetros específicos de una orden de representación gráfica (Plot y splot). A diferencia del caso anterior, son opciones que solo afectan la gráfica actual.

GNU – Plot permite indicar el nombre de un fichero del que leer una serie de comandos. Esto puede ser muy útil para trabajar en modo batch (por ejemplo, generando gráficas desde un script), o para cargar una configuración a la hora de representar gráficas. El comando para cargar comandos de un fichero es:

- Load “fichero.gp”

Y si lo que queremos es trabajar en modo batch, escribiremos desde el prompt del sistema operativo:

- GNU – Plot fichero.gp

Los comandos en el fichero se deben escribir con la misma sintaxis que si se escribieran desde el prompt de GNU – Plot

De forma similar, para guardar el trabajo se tecldea:

- save “fichero.gp”

En este fichero se guardarán comandos que nos permitirán configurar el estado de GNU – Plot tal y como lo tenemos en este momento. También nos guarda las expresiones que hayamos definido (funciones y constantes) y la última gráfica representada.

### **Objetivo (s):**

Combinar la utilidad de las hojas de cálculo con el GNU – Plot para poder usarlas en la industria de la ingeniería química.

Facilitar y optimizar la elección de un aceite que se acomode de manera óptima a las necesidades de la maquinaria.

Dar a conocer el funcionamiento de GNU - Plot con ayuda de hojas de cálculo, como operativa para graficar y aplicar en diversas maneras al momento del desarrollo de software.

### **Parte experimental:**

Los pasos que se tienen que seguir para poder conseguir una buena elección de aceite son:

- Elegir los aceites que serán utilizados según sus características
- Aplicar cada uno de los aceites en las máquinas industriales en las que estemos interesados
- Comprobar y anotar la reacción de las máquinas al aplicar cada uno de los aceites con los que estamos trabajando
- Recopilar los datos obtenidos y elaborar una hoja de cálculo con estos mismos
- Usar GNU – Plot para poder graficar y escoger con sus características cuál es el mejor aceite para nuestras máquinas

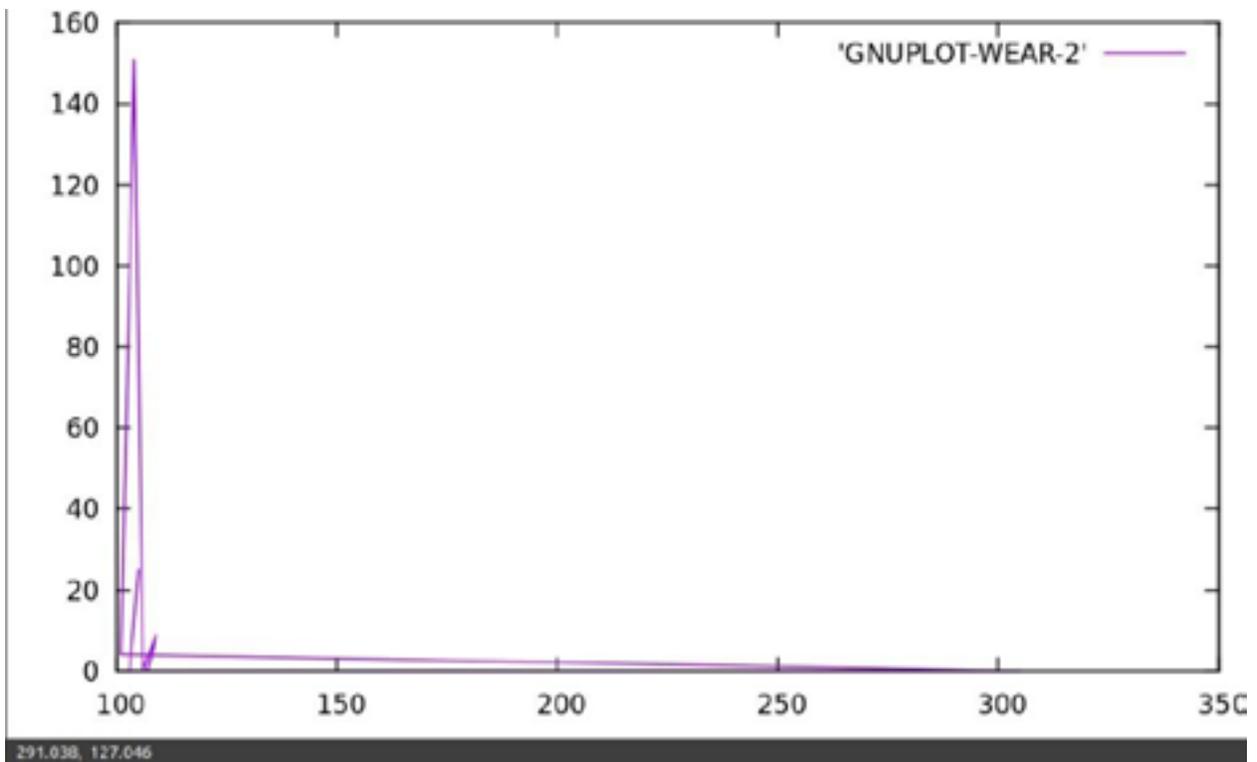
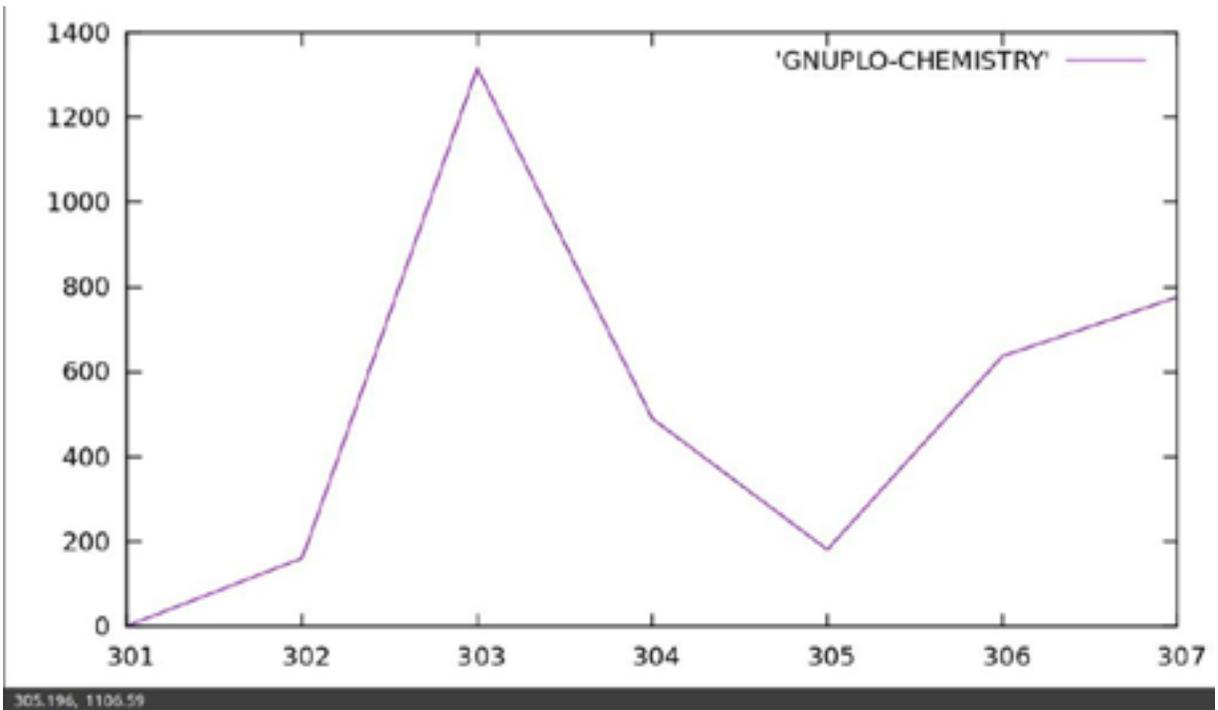
**Metodología:**

Usamos hojas de cálculo recuperando los datos de los aceites, para posteriormente usar el GNU-PLOT para poder graficar los datos que nos dio como resultado en el uso de los aceites, buscando crear nuestras propias gráficas para posteriormente se pueda desarrollar un software de análisis de aceites. Se siguieron los siguientes pasos:

- Llevar las muestras de aceites al laboratorio
- Anotar los resultados de cada uno de ellos
- Recopilando los datos obtenidos después de la experimentación con aceites, se juntarán para posteriormente tabularlos
- Una vez tabulados se pasarán a una hoja de texto
- En la hoja de texto ajustamos los resultados de modo que el programa GNU-PLOT lo pueda leer, marcando los comentarios entre asteriscos para evitar errores
- Guardamos la hoja de texto con la terminación txt
- Vamos a la terminal y buscamos el archivo que queramos ejecutar en este caso la hoja de texto
- Utilizamos la línea de comando Plot “Nombre del archivo que se quiera graficar” WL
- Finalmente obtenemos la gráfica

**Resultados y Discusión:**





Cómo podemos observar obtuvimos las gráficas de manera exitosa, de esta manera resultará mucho más fácil visualizar y comparar los resultados de los diferentes tipos de aceites, facilitando así de igual manera presentarlo a los compañeros, jefes o clientes para una mejor explicación de los resultados.

## Conclusiones

Tenemos que nuestros aceites en general responden de manera buena, en algunos casos un poco mejor, pero principalmente pudimos comprobar cómo es que el uso de este tipos de herramientas es muy útil en el análisis predictivo de distintos datos, y consideramos que es importante conocer como los famosos software como Excel o MATLAB grafican algunas funciones, resultados experimentales porque nos interesa de gran manera el desarrollo de nuevos softwares, pero empezar desde lo más básico siempre es de gran ayuda para poder abrir paso a al desarrollo de grandes e interesantes softwares.



## Referencias

Echevarría R. (2016). Breve introducción a GNU-PLOT. Ecuaciones Diferenciales y Análisis Numérico. Consultado en el sitio web <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://personal.us.es/echevarria/documentos/APUNTESgnuplot.pdf&ved=2ahUKEwj3JaSscrzAhWymmoFHVJICZQQFnoECEsQAQ&usg=AOvVaw1UVdpeAJx8xyNuxcmwW5pW> el día 13 de octubre del 2021.

García J. (2003). GNU-PLOT: Herramienta para gráficos de funciones y datos. Herramientas en GNU/Linux para estudiantes universitarios. Consultado en el sitio web <https://www.ibiblio.org/pub/linux/docs/LuCaS/Presentaciones/200304curso-gli-sa/gnuplot/curso-gli-sa-gnuplot-html/index.html> el día 13 de octubre del 2021.

Picasa. (2004). GNU-PLOT. Programas para representaciones gráficas. Consultado en el sitio web [https://www.picasa.org/moodle/pluginfile.php/394/mod\\_resource/content/0/entrega5/entrega5/node109.html](https://www.picasa.org/moodle/pluginfile.php/394/mod_resource/content/0/entrega5/entrega5/node109.html) el día 13 de octubre del 2021

Saavedra E. (2012). GNU-PLOT una alternativa libre para graficar funciones. Slideshare. Consultado en el sitio web <https://es.slideshare.net/estebansaavedra/gnuplot-una-alternativa-libre-para-graficar-funciones> el día 13 de octubre del 2021. USO DE HOJAS DE CÁL

ADAPTACIÓN A MICROESCALA DE LA TÉCNICA DE MEDICIÓN DE NITRATOS EN AGUA MEDIANTE KIT

# COMERCIAL BASADO EN EL MÉTODO DE REDUCCIÓN DE CADMIO



*Anayantzi Bautista Bautista<sup>1\*</sup>, Juan Carlos Martínez López<sup>2</sup>, Julio César Morales Mejía<sup>3</sup>,  
María Gabriela Vargas Martínez<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Ingeniería Química,  
[anayantzibautista@gmail.com](mailto:anayantzibautista@gmail.com)

<sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Ingeniería Química,  
[nauj\\_ndaaxo@hotmail.com](mailto:nauj_ndaaxo@hotmail.com)

<sup>3</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Sección de Ingeniería Química,  
[mmjc\\_80@yahoo.com.mx](mailto:mmjc_80@yahoo.com.mx)

<sup>4</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Sección de Química Analítica,  
[mgvargasm@gmail.com](mailto:mgvargasm@gmail.com)



## Resumen

En este trabajo se presentan los resultados de la adaptación a microescala de la técnica de medición de nitratos en agua basada en el método de reducción de cadmio, empleando el kit HI3874 de la empresa Hanna Instruments de México. La adaptación consistió en usar 1 mL de muestra de agua y 0.018 g de reactivo sólido del kit. Las mediciones espectrofotométricas en una celda semi-micro de 1 cm de paso óptico de plástico para rango UV-Vis (Brand, producto 759150). Se analizó la linealidad del sistema, precisión y exactitud, así como linealidad del método. Se obtuvieron los coeficientes de determinación ( $r^2$ ) y de variación (CV), los residuales y los límites de detección y de cuantificación. Adicionalmente, se contrastaron la linealidad y la precisión del sistema entre la adaptación a microescala y el método original del kit. Se determinó que la adaptación a microescala es lineal ( $r^2 > 0.98$ ), tanto para el sistema como para el

método; se concluyó también que la técnica no es precisa a microescala. En contraste, la técnica original es también lineal, pero es igual o menos precisa que la adaptación a microescala.

**Palabras clave:** microescala, agua, nitratos, cadmio, validación.

## Antecedentes

Los nitratos son iones formados por tres átomos de oxígeno, uno de nitrógeno y con una carga negativa ( $\text{NO}_3^-$ ). Este anión no tiene color ni sabor y se encuentra en la naturaleza disuelto en el agua a bajas concentraciones. Muchas sustancias que llegan al agua contienen nitrógeno y actúan como nutrientes para la vida vegetal. Las principales rutas de ingreso de nitrógeno (de origen humano) a las masas de agua, son las aguas residuales de la industria y los municipios, tanques sépticos, descargas de corrales de engorda de ganado, residuos animales (incluyendo aves y peces) y escorrentías agrícolas. Adicionalmente, la emisión de óxidos de nitrógeno desde vehículos de combustión interna puede aportar especies nitrogenadas al agua de lluvia, dependiendo las condiciones de oxígeno en el medio.

La adaptación de métodos convencionales de análisis de calidad del agua a microescala tiene como objetivo principal la reducción de la cantidad de reactivos utilizados, así como la de disminuir los residuos derivados del análisis, además de reducir costos por prueba efectuada

La microescala es ampliamente utilizada en el ámbito profesional en el uso de microelectrodos selectivos, en técnicas espectrofotométricas y polarográficas, técnicas analíticas, pruebas piloto de químicos especiales, en la investigación y desarrollo de producción de plantas piloto. La microescala a nivel de producción es un método de prevención de la contaminación del medio ambiente, asegurando la realización de procesos químicos utilizando pequeñas cantidades de productos químicos sin comprometer la calidad y el nivel de aplicaciones químicas en la educación y la industria.

El uso de la microescala ofrece las siguientes ventajas: Disminución de gasto de reactivos y generación de residuos, Reducción de espacios necesarios para almacenar reactivos y equipo de laboratorio, aumenta la seguridad en el laboratorio, promueve el

principio de reducir, reciclar, recuperar.

Dentro de las desventajas de la microescala se encuentra que al ser una técnica relativamente nueva no se aplican las técnicas a laboratorios de validación, al no haber equipo adaptado a microescala este se tiene que diseñar, hay un incremento en el riesgo de contaminación del producto y de obtener menores rendimientos debido a pérdidas mecánicas, la necesidad de adquisición de material de vidrio especial y de equipos de medición más precisos, así como de reactivos más puros.

### Objetivo general

Cuantificar nitratos en agua por un método espectrofotométrico adaptado a microescala.

### Objetivos particulares

Adaptar a microescala la técnica de medición de nitratos bajo el procedimiento de la reducción de cadmio del kit HI3874

Determinar la precisión, linealidad, exactitud y límites de confianza de la técnica de medición de nitratos del Kit Hanna HI 3874 a microescala.

### Desarrollo experimental

Se efectuó la reducción a microescala del kit HANNA HI3874 como lo muestra la Tabla 1.

Método original			Método a microescala		
Peso del reactivo granular del kit (g)	Volumen de muestra de agua (mL)	Tiempo de reacción (minutos)	Peso del reactivo granular del kit (g)	Volumen de muestra de agua (mL)	Tiempo de reacción (minutos)
0.18	10	04	0.018	1	15

Para las mediciones efectuadas, se efectuaron disoluciones de nitrato de sodio en las concentraciones 0, 4.5505, 9.101, 18.2021, 27.3031, 36.4042 y 45.5052 mg<sub>NO<sub>3</sub></sub>/L, tan-

to en agua tridestilada como en agua de la llave (municipal).

Para la determinación de la linealidad del sistema para el método original, se adicionaron 0.18 g del reactivo a 10 mL de cada solución, se agito vigorosamente y se dejó reposar por 4 minutos antes de medir la absorbancia a 395 nm en una celda de plástico de 1 cm de paso óptico.

Para la linealidad del sistema y método, en la adaptación a microescala, se adiciono 0.018 g de reactivo granular del kit de Hanna (previamente pulverizado en un mortero) a 1 mL de cada una de las soluciones de las listadas en la Tabla 2 (agua tridestilada para linealidad del sistema o agua de garrafón para linealidad del método); se agitaron vigorosamente y se les dejó reposar por 15 min antes de medir la absorbancia a 395 nm.

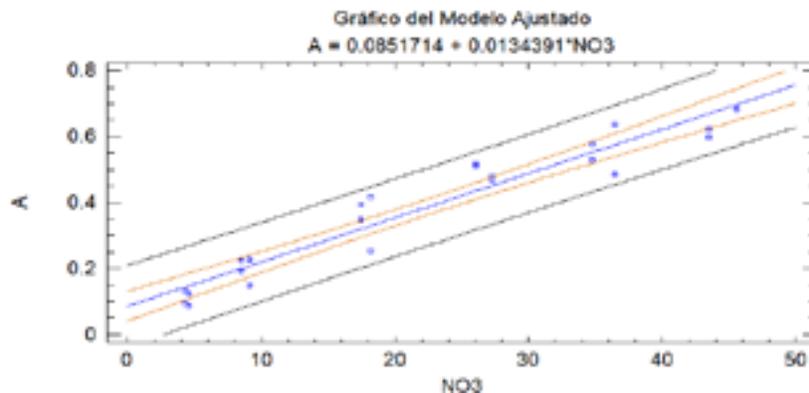
**Tabla 2. Soluciones de nitratos empleadas para linealidades del sistema y del método**

Sistema: Agua tridestilada	Método: Agua de la llave
Concentración de nitratos (mg/L)	
0	0
3.5029	4.1656
7.0058	8.3313
14.0116	16.6626
21.0174	24.9939
35.0291	33.3253

La precisión se midió tras repetir nueve veces la medición para muestras idénticas a una concentración intermedia de la curva de calibración, utilizando agua tridestilada para elaborar dichas muestras.

## Resultados y discusión

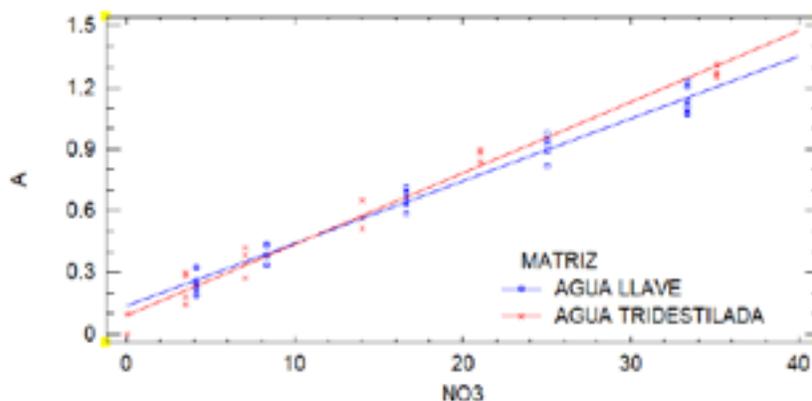
Lo primero obtenido fue la curva de calibración del sistema, para el procedimiento sin ser modificado a microescala (Figura 1). De esta curva, mediante el uso del software Statgraphics, se obtuvieron los siguientes parámetros de desempeño: Ecuación: Absorbancia =  $0.0851714 + 0.0134391[\text{NO}_3]$ ;  $r^2 = 0.9606$ ; homocedasticidad: no cumple. Posteriormente, se obtuvo la linealidad del sistema. La información obtenida está en la Figura 2.



**Figura 1.** Curva patrón en agua tridestilada del método original.

En tanto, los parámetros de desempeño se resumen en la Tabla 3. Como se puede observar en la Figura 2, las pendientes de las matrices agua tridestilada y de la llave son diferentes, lo que indica que en el agua de la llave hay un porcentaje de NO<sub>3</sub> ya incluido.

Tabla 3. Desempeño de la linealidad del método y del sistema para la adaptación a microescala			
Curva patrón	Ecuación	Homocedasticidad	r <sup>2</sup>
Agua tridestilada	Absorbancia = 0.092988 + 0.0346085[NO <sub>3</sub> ]	Cumple	0.981563
Agua de la llave	Absorbancia = 0.137227 + 0.0303334[NO <sub>3</sub> ]	Cumple	0.978535



**Figura2.** Curvas de calibración para linealidad del sistema y del método.

Para el estudio de la precisión, los resultados se presentan resumidos en la Tabla 4. La precisión es la repetibilidad de los resultados. Una forma de expresarla es calculando el coeficiente de variación (CV). Para muestras macro el CV debe ser menor que 1%; para muestras trazas se puede aceptar un CV hasta del 5%; para ultra-trazas se puede considerar que un CV de 10% es bueno. Como se puede observar la precisión es aceptable a microescala en comparación con el método original.

Tabla 4. Resultados de la precisión del sistema para el procedimiento original y su adaptación a microescala		
Muestra	Absorbancia de la adaptación a microescala	Absorbancia del procedimiento original
1	0.942	0.541
2	0.947	0.645
3	0.965	0.587
4	0.938	0.403
5	0.982	0.559
6	0.914	0.48
7	1.01	0.572
8	0.919	0.551
9	0.998	0.506
Promedio, X	0.95722222	0.53822222
Desviación estándar, S	0.03383333	0.06913533
CV	3.53453279	12.8451282

## Conclusiones

Se logró la adaptación a microescala del kit Hanna obteniendo beneficios en el costo de análisis y reducción de residuos.

Para el método ajustado a microescala se recomienda primero vaciar los sobres de reactivo Hanna en un mortero y pulverizarlos antes de pesar en la balanza.

El método solo es aceptable para concentraciones menores a 40mg/L de nitratos; durante el análisis de datos se comprobó mediante el análisis de cajas y bigotes que influye el día en el que se realiza la curva de calibración, por lo que se recomienda hacer las mediciones de muestras el mismo día que se realiza las curvas de calibración. Se identificó que la influencia de la matriz donde se miden los nitratos es relevante para su correcta determinación.

## Agradecimientos

Agradecemos a la UNAM-DGAPA por el financiamiento para efectuar la presente investigación, mediante el proyecto PE109220, Tratamiento de Aguas. Enfoque actualizado de la teoría y del laboratorio al perfil de Ingeniería Química.



## Referencias

Hanna Instruments (2021). Instruction Manual HI 3874 Nitrate test kit.

Centro Nacional de Metrología (2005). Método analítico adecuados a su propósito, guía de laboratorio para la validación de métodos y temas relacionados. México: Eurachem.

Colegio Nacional de químicos farmacéuticos biólogos (2016). Guía de validación del método analítico, segunda edición, México. APHA-AWWA-WEF (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21<sup>st</sup> Edition. Washington DC, 4-120 y 4-121, method 4500-NO3-B.

# VISUALIZACIÓN DE UN FLUJO VECTORIAL EN GNU OCTAVE



*Barreto Amenta Corrado Antonio<sup>1</sup>, Ramírez Monsalvo Angel Fernando<sup>\*2</sup>,  
Contreras Minor Andrés<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Facultad De Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Campo 1,  
[corradoamenta28@gmail.com](mailto:corradoamenta28@gmail.com)

<sup>2</sup>Facultad De Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Campo 1,  
[318023760@cuautitlan.unam.mx](mailto:318023760@cuautitlan.unam.mx)

<sup>3</sup>Facultad De Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Campo 1,  
[andrescontminer@gmail.com](mailto:andrescontminer@gmail.com)



## Resumen

Los flujos vectoriales tienen una presencia casi universal en los distintos fenómenos que se presentan en la naturaleza (como son el flujo eléctrico y el flujo magnético), los cuales el ser humano ha adaptado para aplicarlos en beneficio de la sociedad, sobre todo en las distintas áreas de la ingeniería e industria; es por eso que su estudio es de una importancia incalculable, siendo parte importante de dicho estudio su representación gráfica.

Al momento de realizar dicha representación se pueden utilizar distintas herramientas en 2D o 3D, entre las que elegimos utilizar GNU Octave, por lo que en este trabajo no solo se exponen los principios físicos que intervienen en los flujos vectoriales, sino también sus respectivas formulaciones matemáticas y cómo se pueden codificar para ser utilizadas en el programa con el fin de obtener una representación fidedigna de un sistema que presente un flujo vectorial. El programa realizado grafica el campo vectorial y su cambio a través del tiempo.

**Palabras clave:** Flujo, vector, código, programa, Octave, gráfica.

## Antecedentes

El presente trabajo tiene como justificación la necesidad de modelar y representar comportamientos de distintos fenómenos físicos los cuales por su alto nivel complejidad en cuanto las fuerzas que interactúan sobre estos y sus propiedades físicas son difíciles de comprender únicamente utilizando expresiones o enunciados matemáticos pues incluso estos mismos pueden no estar adecuadamente ajustados al comportamiento que en la realidad presenta este fenómeno, los cuales terminan siendo modelos de comportamiento ideal que a pesar de que son realmente útiles, no son lo suficientemente exactos para poder comprender en su totalidad el fenómeno físico por lo cual con el desarrollo de la programación se han ido desarrollando distintas herramientas que permiten representar y modelar este y muchos más tipos de fenómenos físicos y naturales en general dentro de muchas áreas del saber y en nuestro caso de estudio, se contextualizo en un flujo vectorial de un fluido incompresible modelado en base a su comportamiento matemático y ajustado a un comportamiento más realista mediante las herramientas del lenguaje de programación GNU Octave, el cual resulta una herramienta sencilla y útil para el modelado de flujos vectoriales.

Este proyecto se puede justificar con los proyectos similares realizados por distintos autores los cuales reconocen esta necesidad de representar de una forma más real y comprensible los flujos y campos vectoriales tal como lo hizo el autor Francisco Javier Hernandez Bernabe en su trabajo titulado “Cálculo Vectorial aplicado a la ingeniería”<sup>1</sup> donde menciona “la necesidad de describir curvas que se encuentran en el espacio, donde las ecuaciones que las definen en el plano no pueden extenderse a conjuntos unidimensionales en tres dimensiones. Se distingue entre el vector velocidad y la rapidez de una partícula, que está relacionada con la longitud de un arco de curva”, también hace mención del concepto de campo vectorial como un intento de “describir la posición y el movimiento de una partícula que forma parte de un fluido” ejemplificando un “fluido incompresible que se encuentra dentro de una cavidad cuadrada cuya

<sup>1</sup>Francisco Javier Sanchez Bernabe (2017) “Calculo Vectorial Aplicado a la ingeniería?”. Consultado el 7 de octubre del 2021. Recuperado de: <https://bit.ly/3bmNeXt>

pared superior se desplaza, provocando el movimiento del líquido confinado”. Por otro lado, la autora y profesora de matemáticas Susan Colley (2013) en la cátedra Andrew y Pauline Delaney en Oberlin College menciona la importancia de modelos matemáticos que describan de manera eficiente los comportamientos y flujos de campos vectoriales mediante las integrales de superficie las cuales complementan de forma precisa el comportamiento vectorial en superficies tridimensionales con lo que con soluciones como integrales dobles dejaban modelos incompletos o mal representados. Las integrales de superficie funcionan para calcular el área de una superficie en tres dimensiones por lo cual tienen una amplia cantidad de aplicaciones en los cálculos de fuerzas sobre superficies que al final de cuentas están representadas como vectores moviéndose dentro de estas superficies. Con el programa desarrollado en Octave se pueden modificar parámetros de la superficie en la que se encuentra este flujo vectorial teniendo la posibilidad de crear un modelo más exacto de algún fenómeno físico que involucra un flujo de vectores. Esta es una ventaja de este proyecto, pues lo hace un modelo aplicable de forma general y editable de acuerdo con el modelo a expresar.

## Objetivo

Aprender a representar gráficamente flujos vectoriales con ayuda de GNU Octave para analizar el comportamiento físico de los fenómenos que se desean estudiar, guiándonos con conceptos matemáticos y físicos, así como comprender la importancia de la representación de vectores en los diferentes fenómenos físicos y analizar sus aplicaciones a nivel industrial.

## Parte experimental

En matemática y física, un campo vectorial representa la distribución espacial de una magnitud vectorial. Los campos vectoriales se utilizan en física, para representar la velocidad y la dirección de un fluido en el espacio, o la intensidad y la dirección de fuerzas como la gravitatoria o la fuerza electromagnética.

GNU Octave es un lenguaje de alto nivel, destinado principalmente a cálculos numéricos. Este lenguaje proporciona capacidades para la resolución numérica de problemas lineales y no lineales, y para realizar otras pruebas numéricas. También proporciona capacidades gráficas extensas para la visualización y manipulación de datos.

Octave se utiliza normalmente a través de su interfaz de línea de comandos interactiva, pero también se puede utilizar para escribir programas no interactivos. El lenguaje de programación Octave es bastante similar a Matlab, por lo que la mayoría de los programas son reutilizables en este lenguaje (López & Marín, 2016).

Para este proyecto se decidió utilizar una serie de componentes de velocidad los cuales pueden representar un flujo incompresible (Chakraborty, s. f.):

$$u=2x^2-xy+z^2; v=x^2-4xy+y^2; w=2xy-yz+y^2$$

Las cuales son ecuaciones estacionarias, es decir, no dependen del tiempo, y se pueden representar en forma de funciones vectoriales en GNU Octave utilizando:

$$\begin{aligned} u &= @(x,y,z) 2*x.^2 - x.*y + z.^2; \\ v &= @(x,y,z) x.^2 - 4*x.*y + y.^2; \\ w &= @(x,y,z) 2*x.*y - y.*z + y.^2; \end{aligned}$$

(El punto ‘.’ se utiliza en las operaciones como multiplicación o potencias para que actúe en los componentes de cada vector). Además, se les pueden asignar valores reales a las variables dependientes dentro de un intervalo dado usando:

$$\begin{aligned} x &= linspace(-1,1,6); \\ y &= linspace(-1,1,6); \\ z &= linspace(-1,1,6); \end{aligned}$$

(se generan 6 puntos o valores entre uno y menos uno con espaciado constante). Posteriormente, para que sea un flujo y esté en función del tiempo, hay que agregar la variable dependiente “t” (tiempo) a las ecuaciones que gobiernan el fenómeno físico. En este caso, se propusieron las siguientes ecuaciones:

$$\begin{aligned} u &= @(x,y,z,t) 2*x.^2*t - x.*y + z.^2; \\ v &= @(x,y,z,t) x.^2 - 4*x.*y*t^2 + y.^2; \\ w &= @(x,y,z,t) 2*x.*y - y.*z + y.^2*t^3; \end{aligned}$$

Para tener una red de coordenadas en 3D definidas por los ejes “x”, ”y” y “z” se utiliza la siguiente línea de código:

$$[X,Y,Z] = meshgrid(x,y,z);$$

A continuación, se debe introducir un loop o ciclo para valores de  $t$  (en esta ocasión se usaron valores desde 0 hasta 5 en intervalos de 0.1). La función de este ciclo es encontrar el módulo o magnitud del vector “U” para después obtener un vector unitario que nos dé la dirección de U, V y W, y finalmente graficar flechas con los vectores unitarios como componentes direccionales en las coordenadas “x”, “y” y “z”. Para lograrlo se propuso el siguiente conjunto de líneas de código:

```
for t = 0:0.1:5
    U = u(x,y,z,t);
    V = v(x,y,z,t);
    W = w(x,y,z,t);
    Umag = sqrt(U.^2+V.^2+W.^2);
    quiver3 (x,y,z,U./Umag,V./Umag,W./Umag)
    drawnow
end
```

Donde “quiver3” se utiliza para graficar las flechas antes mencionadas y “drawnow” nos ayuda a graficar una ecuación cuando está en función del tiempo, es decir, cada vez que se repita el ciclo se actualizará la gráfica.

## Resultados y discusión

La utilización correcta de todas las funciones de GNU Octave otorgan a las ecuaciones del flujo incompresible valores reales, de donde se obtienen resultados que presentan un comportamiento vectorial, movimiento y tridimensionalidad; con lo que se logra una representación del flujo que cumple con el objetivo de dotar de sentido a las ecuaciones ya mencionadas siguiendo de una forma correcta las bases matemáticas mencionadas en las bibliografías de distintos autores las cuales permiten que este modelo logre generalizar varios tipos de flujos vectoriales que se presentan en diferentes fenómenos físicos.

```

1 clear; clc; close all;
2
3 %EL PUNTO '.' EN LAS MULTIPLICACIONES Y POTENCIAS PARA QUE ACTÚE EN LOS
4 %COMPONENTES DE CADA VECTOR. OPERACIONES.
5 %PARA EL CASO ESTACIONARIO LAS ECUACIONES NO DEPENDEN DEL TIEMPO POR LO
6 %QUE QUEDAN DE LA FORMA SIMPLE
7 %u = u(x,y,z) 2*x.^2 - x.*y + z.^2;
8 %v = v(x,y,z) x.^2 - 4*x.*y + y.^2;
9 %w = w(x,y,z) 2*x.*y - y.*z + y.^2*t^3;
10 %x = linspace (-1,1,6);
11 %y = linspace (-1,1,6);
12 %z = linspace (-1,1,6);
13 %PARA QUE ESTEN EN FUNCIÓN DEL TIEMPO SOLO HAY QUE AGREGAR EL TERMINO
14 %t (TIEMPO) A LAS ECUACIONES QUE GOBIERNA AL FENÓMENO FÍSICO
15 % Y AGREGAR O INTRODUCIR UN LOOP O CICLO
16 %EL COMANDO drawnow NOS AYUDA A GRAFICAR CUANDO ESTÁ EN FUNCIÓN DEL TIEMPO
17
18 u = u(x,y,z,t) 2*x.^2*t - x.*y + z.^2;
19 v = v(x,y,z,t) x.^2 - 4*x.*y*t^2 + y.^2;
20 w = w(x,y,z,t) 2*x.*y - y.*z + y.^2*t^3;
21
22 x = linspace (-1,1,6);
23 y = linspace (-1,1,6);
24 z = linspace (-1,1,6);
25
26 [x,y,z] = meshgrid (x,y,z);
27 for t = 0:0.1:5
28
29 U = u(x,y,z,t);
30 V = v(x,y,z,t);
31 W = w(x,y,z,t);
32
33 Umag = sqrt(U.^2+V.^2+W.^2);
34
35 quiver3 (x,y,z,U./Umag ,V./Umag ,W./Umag)
36 drawnow
37 end

```

Figura 1. Código en GNU Octave utilizado

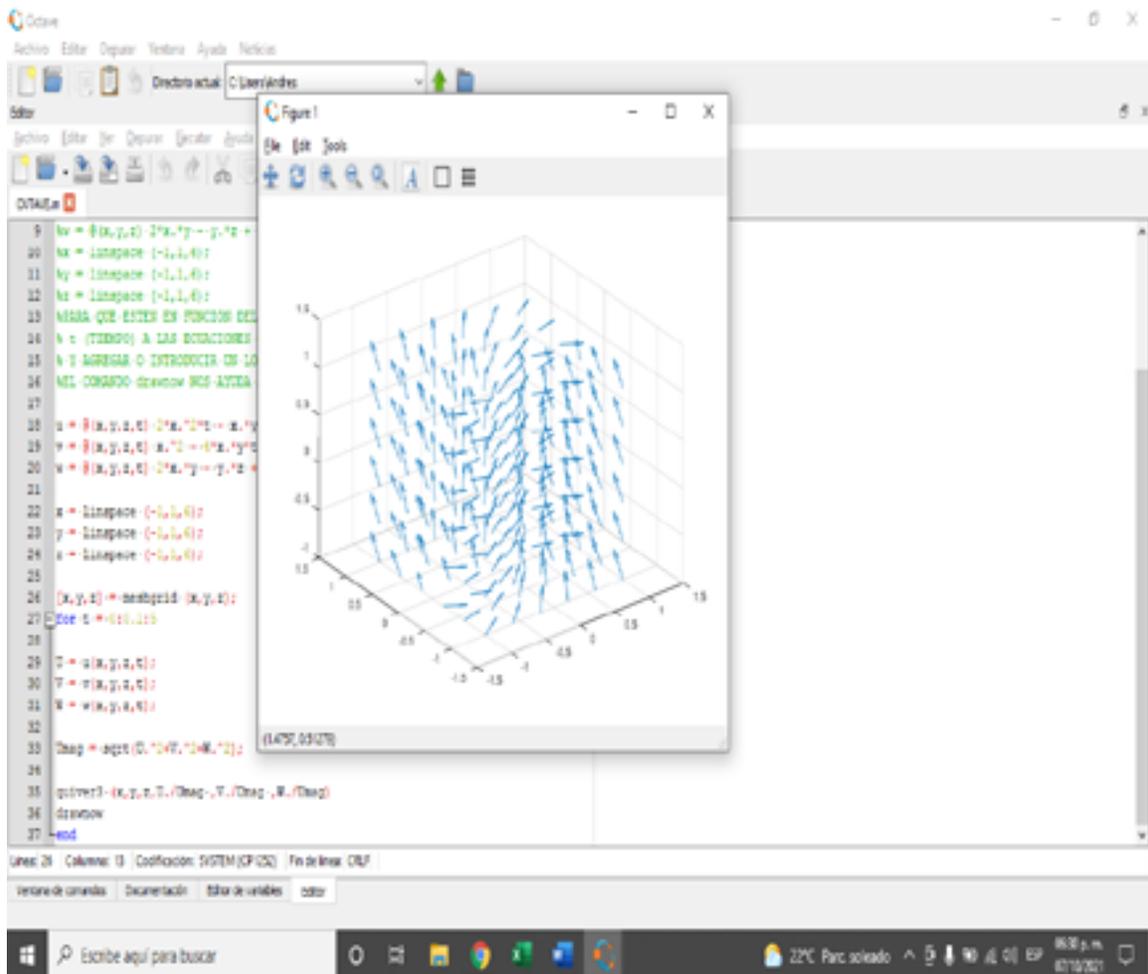


Figura 2. Ejecución del programa

## Conclusiones

La representación de los vectores puede servir para modelar el comportamiento de diferentes fenómenos físicos en los cuales se involucran fuerzas que interactúan entre sí, cuyas magnitudes tienen una dirección y se pueden representar como flechas orientadas hacia un punto en específico dentro de un entorno tridimensional.

Algunos ejemplos de estos fenómenos físicos pueden observarse en flujo de fluidos, campos eléctricos, campos magnéticos, velocidades, aceleraciones, flujo vectorial entre otros. Estos fenómenos físicos son de suma importancia, pues están presentes en múltiples procesos industriales, fenómenos naturales o situaciones de la vida cotidiana como por ejemplo; en el campo de flujo de fluidos es de mucha utilidad saber qué fuerzas podrían producir un fluido en movimiento dentro de un sistema de tuberías, y en base a su representación vectorial, poder conocer de manera más exacta saber cómo se comportará este fluido, con lo cual se podrían diseñar diagramas de tuberías y saber que materiales se necesitan para la construcción de las mismas.

Para esta tarea, GNU Octave es una herramienta ideal, pues cumple con su función de representar flujos vectoriales en tres dimensiones y ofrece un entorno donde es bastante sencillo manejar las ecuaciones que representan el comportamiento del fenómeno físico que se desea estudiar.

## Agradecimientos

Los autores de este proyecto agradecemos al profesor Carlos Alberto Morales y a su auxiliar Luis Carlos Pérez Carbajal por su apoyo y guía en la realización del proyecto.



## Referencias

- López B.& Marín M. (2016). Introducción a Octave. Consultado el 7 de octubre de 2021. Recuperado de: <https://bit.ly/3Bvmv5H>
- Chakraborty, S. (s.f.) “Lecture 1: Equation of Continuity”. National Programme on Technology Enhanced Learning, Indian Institute of Technology Kharagpur, India. Recuperado de <https://coda.io/@atc/national-programme-on-technology-enhanced-learning-nptel-online-lectures>
- Sanchez F. (2017). Cálculo Vectorial Aplicado a la ingeniería. Consultado el 7 de octubre de 2021. Recuperado de: <https://bit.ly/3bmNeXt>
- Colley S. (2013). Cálculo Vectorial. Pearson Education, Cuarta Edición México. Pag. 455. Consultado el 7 de octubre de 2021. Recuperado de: <https://bit.ly/3vXJLrS>

# NANOCOMPOSITO DE MICROESFERAS DE ÓXIDO DE TITANIO CON CARBONO NANOESTRUCTURADO ( $\text{TiO}_2/\text{C}$ ) Y SU APLICACIÓN COMO FOTOCATALIZADOR EN AGUAS RESIDUALES.



*Guzmán Martínez Pedro Abiram<sup>1</sup>, García Vázquez Jesús Alberto<sup>1</sup>, Hernández Jácome Ricardo<sup>1</sup>, Rivera Sánchez Michelle Yoselin\*<sup>1</sup>, Tentle Valeriano Carlos<sup>1</sup>, Solano Ruíz Esaú\*<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica Emiliano Zapata, [20183j101001@utcv.edu.mx](mailto:20183j101001@utcv.edu.mx)

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, [esau.solano@utcv.edu.mx](mailto:esau.solano@utcv.edu.mx)



## Resumen

En la búsqueda de nuevos materiales con aplicaciones medioambientales, encontramos el uso de fotocatalizadores, materiales que reaccionan con luz (fotones) aumentando la degradación de moléculas orgánicas, así como la absorción de metales pesados y otros contaminantes. A partir del método de sol-gel, se obtienen microesferas de óxido de titanio (150 nm - 450 nm), posteriormente se realiza el tratamiento térmico y se da seguimiento por termogravimetría y calorimetría diferencial de barrido (TGA-DSC), presentando las transición de fase amorfo a fase anatasa a 300° C. La obtención del carbono nanoestructurado se obtiene mediante mecano-síntesis y la incorporación del nanocomposito se lleva a cabo por ultrasonido.

**Palabras clave:** Nanocomposito, Microesferas, óxido de titanio, Fotocatalizadores, Ultrasonido.

## Antecedentes

El óxido de titanio es un semiconductor tipo n sensible a la luz que absorbe radiación electromagnética, principalmente en la región ultravioleta; además es un óxido anfótero muy estable químicamente. Por las características mencionadas, es el fotocatalizador más empleado actualmente para degradar moléculas orgánicas durante la purificación del agua. Además, se utiliza como pigmento blanco, recubrimiento anticorrosivo, sensor de gases, absorbente de rayos ultravioleta en productos cosméticos y de manera general en la industria cerámica.

Los polvos de óxido de titanio han sido obtenidos utilizando diversos métodos, entre los que se destacan la síntesis química en fase vapor, hidrotermal, precipitación controlada, sol-gel y precursor polimérico.

El  $\text{TiO}_2$  existe en diferentes formas cristalinas: anatasa (tetragonal), brookita (ortorrómbica), rutilo (tetragonal), y muchas otras formas cristalinas que se obtienen de la síntesis de este óxido a alta presión.

La fase anatasa es la fase preferente para aplicaciones de remediación de agua sobre la del rutilo, ya que presenta mejores propiedades fotocatalíticas debido a su valor de energía prohibida. Este material, al ser expuesto a la luz ultravioleta genera pares de electrón-hueco libres, los cuales, mediante la formación de radicales hidroxilo y iones súper óxido en la superficie debido a la excitación de los electrones, puede degradar moléculas orgánicas. Sin embargo, la tasa de recombinación de los pares electrón-hueco fotogenerados limitan su actividad fotocatalítica.

## Objetivo(s)

Obtener y caracterizar un nanocomposito a base de microesferas de titanio y carbono nanoestructurado aplicado como fotocatalizador.

## Proceso experimental

### **Etapas 1. Síntesis para la obtención de microesferas de $\text{TiO}_2$**

El material de laboratorio utilizado se esterilizo y secó antes de ser ocupado para cualquier experimento. La síntesis se llevó a cabo en la agitación magnética dentro de la campana de extracción. Se mide 25 mL de etanol anhidro con ayuda de una probeta

para verterla en un vaso de precipitado de 50 mL, posteriormente se mantiene en agitación magnética sin aumentar la temperatura. Se agrega 1 mL de ter-butóxido de titanio (TBT) directamente en la solución de etanol (dejarlo en agitación 10 min), y posteriormente se agregan 5.5 mL de  $\text{NH}_4\text{OH}$  a la solución, se mantiene en agitación durante 1 hora.

La solución de microesferas de  $\text{TiO}_2$  se coloca en los tubos y se centrifugan a 2500 rpm durante 1 hora, posteriormente se realizan lavados con etanol para eliminar residuos.

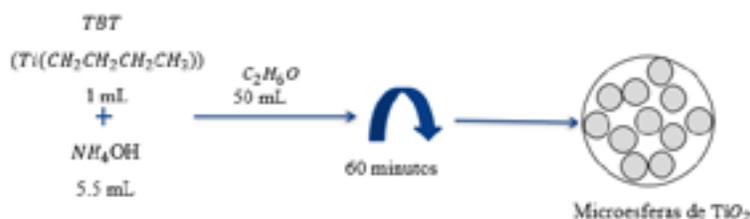


Figura 1. Síntesis de microesferas de  $\text{TiO}_2$

### Etapa 2. Tratamiento térmico

El polvo de microesferas de  $\text{TiO}_2$  se coloca en un crisol de porcelana dentro de la mufla, a las siguientes condiciones térmicas; la primera rampa de calentamiento fue de temperatura ambiente a  $100^\circ\text{C}$  durante 15 minutos. La segunda rampa de calentamiento es de  $100^\circ\text{C}$  hasta  $250^\circ\text{C}$  durante 30 minutos. Posteriormente la tercera rampa de calentamiento es de  $250^\circ\text{C}$  hasta  $350^\circ\text{C}$  durante 1 hora. Finalmente, la última rampa de calentamiento se lleva a una temperatura de  $550^\circ\text{C}$  y se deja por 30 min.

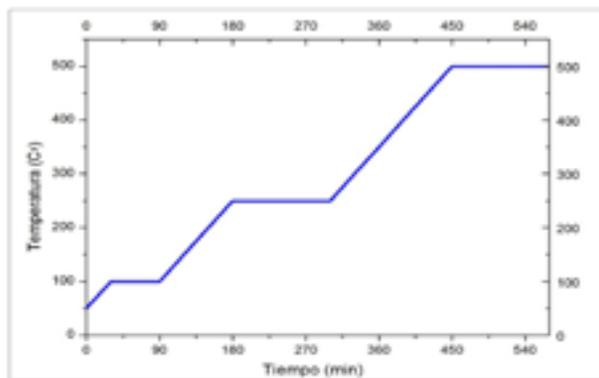
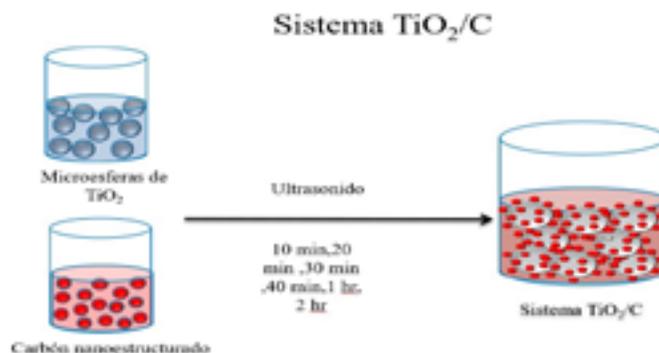


Figura 2. Rampas de calentamiento para microesferas  $\text{TiO}_2$

### Etapa 3. Síntesis de nanocompositos



*Figura 3. Síntesis de nanocompositos*

Se coloca una solución 1 mM de grafito en un mortero de Ágata y se procede a la meanosíntesis durante 1 hora, se coloca en una sonda ultrasónica con polvo de microesferas de óxido de titanio durante 10, 20, 30 y 60 minutos posteriormente se centrifuga y lavan para su caracterización.

### Resultados y discusión

En la figura 4 muestra el espectro de infrarrojo del TiO<sub>2</sub> la banda a 745 cm<sup>-1</sup> se debe al óxido de titanio asignado al estiramiento de Ti-O-Ti. El pico en ~1012 cm<sup>-1</sup> debido a la vibración estiramiento característica del enlace O-O. El pico en 1401 cm<sup>-1</sup> se atribuye a las vibraciones de la red de TiO<sub>2</sub>. La banda absorción a 1638 cm<sup>-1</sup> es causada por una vibración de flexión de H<sub>2</sub>O, así como Ti-OH. Se puede observar que hay picos anchos en 3408 y 1638 cm<sup>-1</sup>, que corresponden a la superficie adsorción de grupos hidroxilo.

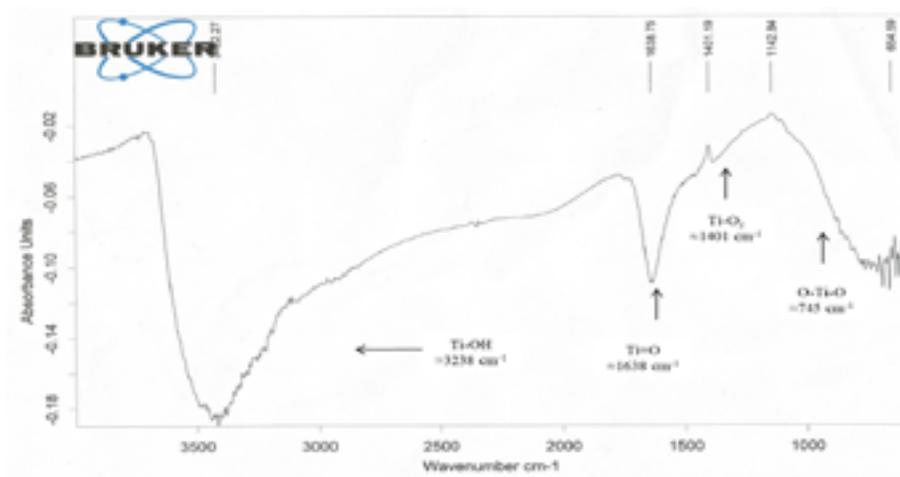


Figura 4. Caracterización de  $TiO_2$ -espectro de infrarrojo (FT-IR)

El espectro Raman de la muestra obtenida después de haber realizado el tratamiento térmico se muestra en la Figura 2. Se observa un pico a  $143\text{ cm}^{-1}$  ( $E_g$ ) y tres picos ensanchados a  $398\text{ cm}^{-1}$  ( $B_{tg}$ ),  $515\text{ cm}^{-1}$  ( $A_{tg}$ ) y  $637\text{ cm}^{-1}$  ( $E_g$ ). Estos picos corresponden a fase anatasa. Es evidente que el tratamiento térmico estabiliza la estructura porosa de la muestra original sin tratamiento, como la muestra la figura 5.

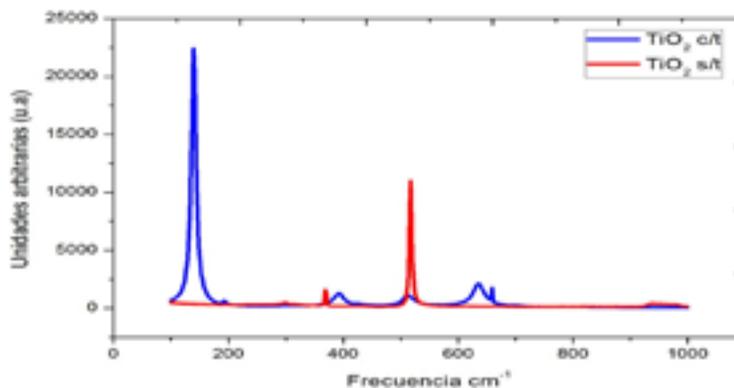


Figura 5 Micro-Raman de microesferas  $TiO_2$  con y sin tratamiento térmico

Previo al tratamiento térmico se realizó un análisis termogravimétrico, TGA (Fig. 6), en donde se observa un cambio de masa y volumen durante la secuencia de calentamiento de la muestra preparada. Los cambio más significativos de masa y volumen ocurren a temperaturas menores a  $300\text{ °C}$  y estos cambios se deben a la remoción residuos

orgánicos debidos al proceso de síntesis. A temperaturas mayores a 300 °C estos cambios no son significativos. Se observa que no existe un cambio de masa involucrado durante la transformación de fase amorfa-anatasa, lo cual es lógico debido a que ambas fases tienen la misma composición química. La banda roja en el termograma hacia abajo indica que el pico es endotérmico e indica la adsorción de la fase amorfa a anatasa mediante un reacomodo estructural en el titanio, con un  $\Delta H$  29.69 kJ/g

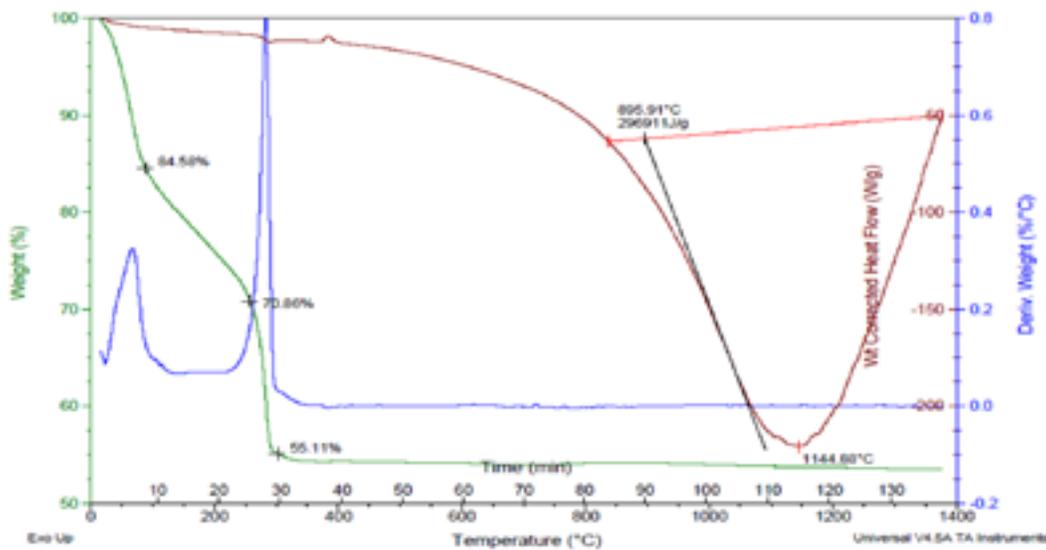


Figura 6. Termograma de TiO<sub>2</sub> (TGA-DSC)

La microscopia electrónica de barrido proporciona imágenes de las partículas de dióxido de titanio que permiten analizar tanto el tamaño medio de partícula como la distribución de tamaños en la preparación. En la figura 7 se muestra una micrografía de partículas de dióxido de titanio sin tratamiento térmico es decir en fase amorfa en la que se puede hacer una estimación de tamaño promedio que resulta ser  $\approx 358$  nm

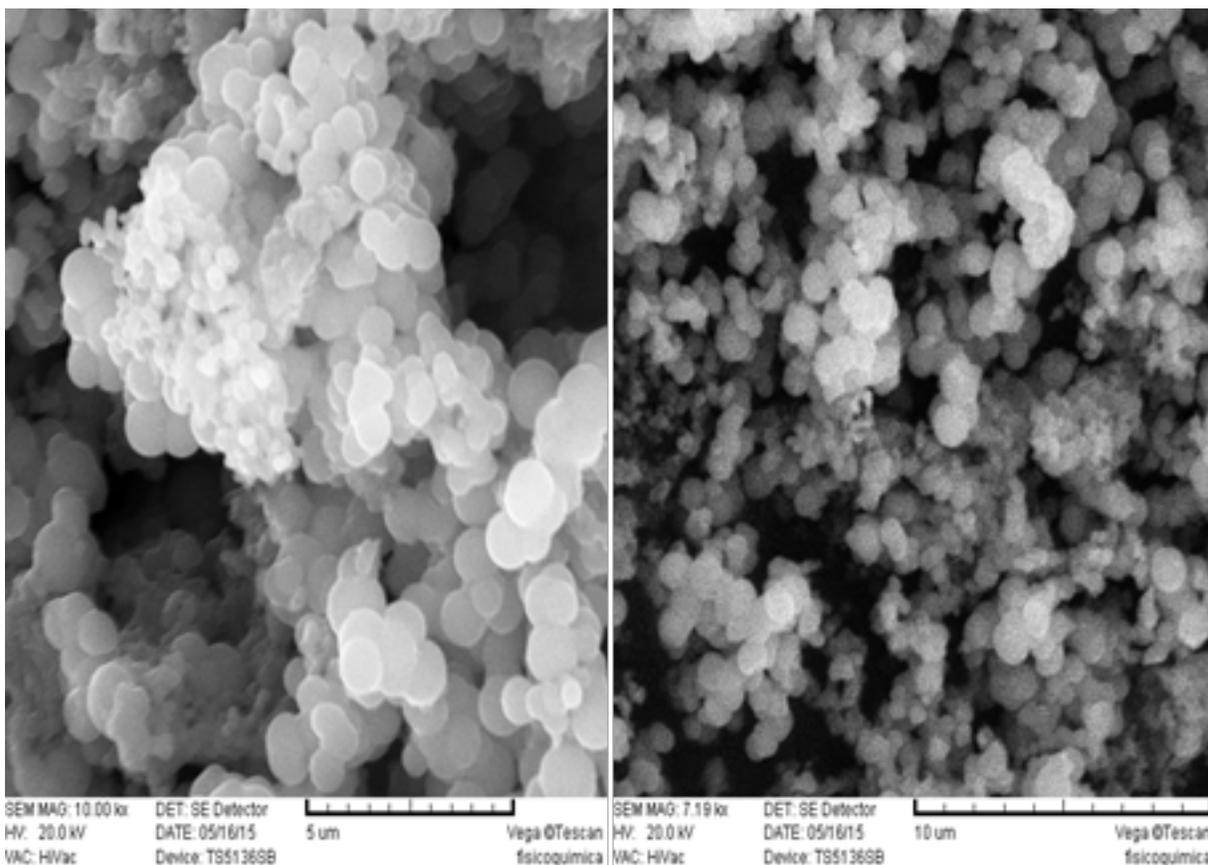


Figura 7. (a) Micrografía de óxido de titanio sin tratamiento térmico. (b) Micrografía de óxido de titanio con tratamiento.

## Conclusiones

El método de sol-gel aplicado para la obtención de óxido de titanio tiene altos rendimientos (65 a 75%) con diámetros promedio de 150 – 450 nm los cuales se identificaron por microscopía electrónica de barrido, infrarrojo y Raman; sin y con tratamiento térmico este último produce un cambio de fase de amorfo a anatasa, identificado por termogravimetría y calorimetría diferencial de barrido.

El proceso de obtención de nanoestructuras de carbono se encuentra en etapa de identificación a través técnicas de caracterización, las cuales posteriormente formaran el nanocomposito y variando las condiciones de reacción por síntesis ultrasónica para sus aplicaciones medio ambientales.

## Agradecimientos

Agradecemos sinceramente a nuestro asesor de proyecto el M. C. Esaú Solano Ruiz; por su esfuerzo, dedicación, conocimientos, su paciencia y su motivación que han sido fundamentales para nuestra formación académica.



## Referencias

- Buerge, I. J; Buser, H. R.; Müller, M. D, Poiger, T. (2009). Why Plastics? *Environmental Science Technology* 43, 3, 615 – 621. doi: 10.1021/es802970v
- Blanco, J. (2004). *Fotoquímica Solar Ambiental*. 2ª ed. Siemat, Madrid.
- Alonso, F. (2018). The Atrazine challenge. Disponible en: [www.epa.gov/atrazine](http://www.epa.gov/atrazine).
- Y. Ochoa, Y. Ortegón, M. Vargas, J. E. Rodríguez Páez (2009). Síntesis de  $\text{TiO}_2$ , fase anatasa, por el método Pechini. Grupo Ciencia y Tecnología de Materiales Cerámicos (CYTEMAC). Departamento de Física FACNED.
- A. Fernández, A. Guzmán (2007). Obtención de recubrimientos con propiedades ópticas utilizando el método Sol-Gel, trabajo de grado programa Ingeniería Física. Universidad del Cauca.
- C. J. Brinker, G. W. Scherer (1991). *Sol-gel Science: the physics and chemistry of sol-gel processing*. Ed. Academic Press Inc..
- Moncada (2021). Nanotecnología y Nanocompositos. [https://www.researchgate.net/profile/Edwin\\_Moncada/publication/267234757\\_NANOTECNOLOGIA\\_Y\\_NANOCOMPOSITOS/links/5537b29f0cf218056e95807e.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Edwin_Moncada/publication/267234757_NANOTECNOLOGIA_Y_NANOCOMPOSITOS/links/5537b29f0cf218056e95807e.pdf) pág. 19
- <http://repositorio.conicyt.cl/bitstream/handle/10533/236563/DinamarcaRobinsonProg%204201.pdf?sequence=1>
- Juan Matos, C. M. (2016). Nanostructured hybrid  $\text{TiO}_2$ -C for the photocatalytic conversion of phenol. *Solar Energy* ,8.
- Xia Shao, W. L. (2013). Enhanced photocatalytic activity of  $\text{TiO}_2$ -C hybrid aerogels for methylene blue degradation. *SCIENTIFIC REPORTS* , 8.
- Y. Ochoa, Y. O. (2009). Síntesis de  $\text{TiO}_2$ , fase anatasa, por el método Pechini. Grupo Ciencia y Tecnología de materiales Cerámicos , 12.
- Rodríguez, C. F. (2015). Actividad de fotocatalizadores basados en  $\text{TiO}_2$  y su aplicación en la eliminación de fenoles y pesticidas presentes en el agua. (Tesis doctoral). Universidad de las Palmas de Gran Canaria.
- Romero, D. (2013). Desarrollo de Fotocatalizadores  $\text{TiO}_2$  Dopados con Tierras Raras y su Aplicación en la Oxidación de  $\alpha$ -Metiltestosterona. (Tesis de doctorado). Centro de investigación en materiales avanzados S. C., Chihuahua.

# OSCILADOR ARMÓNICO Y SU APLICACIÓN EN EL ANÁLISIS DE VIBRACIONES



*Axel Yael Espino García<sup>\*1</sup>, Lia Irlanda Pallares Fernández<sup>2</sup>,  
Gustavo Ángel Jiménez Gaspar<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[axel.cia03@gmail.com](mailto:axel.cia03@gmail.com)*

*<sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[pallaresirlanda@gmail.com](mailto:pallaresirlanda@gmail.com)*

*<sup>3</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[gustavoangelj01@gmail.com](mailto:gustavoangelj01@gmail.com)*



## Resumen

El análisis de las vibraciones es muy importante para la prevención de fallos y mantenimiento de un equipo rotativo industrial, para dicho análisis el movimiento armónico simple y el movimiento armónico amortiguado nos ayudan a interpretar y valorar dichas vibraciones, con lo cual se puede determinar si un equipo está funcionando correctamente o manifiesta fallos que comprometan su productividad.

**Palabras clave:** Vibraciones, mantenimiento, equipo, armónico, amortiguado.

## Antecedentes

En un mundo donde todo lo que conocemos pasa por un proceso industrial, el correcto funcionamiento de los equipos industriales es fundamental en el éxito de una empresa, lo idóneo sería que los equipos nunca presentaran fallas o que siempre mantuvieran su productividad al máximo, pero la realidad es que esto no es así, y como las fallas y el desgaste están presentes se debe recurrir a métodos que nos ayuden a prevenir lo ya comentado. Existen diferentes métodos de mantenimiento:

**Mantenimiento correctivo:** Este método es muy sencillo, se deja que el equipo trabaje sin intervención alguna hasta que se descomponga, es ahí cuando es revisado y restaurado si se puede o desechado en caso de que no tenga reparación.

**Mantenimiento preventivo:** En este caso se estima un lapso de funcionamiento útil del equipo y se programa con anterioridad una fecha antes de cumplir el lapso estimado, en esta fecha el equipo será sometido a mantenimiento.

**Mantenimiento predictivo:** Aquí se realiza de manera frecuente un análisis al equipo para comprobar su funcionamiento y verificar su estado, de esta manera se tiene un completo control sobre el equipo y se pueden detectar a tiempo fallas en el mismo.

El método predictivo es el que nos interesa; en él pueden emplearse diferentes tipos de mediciones para su análisis, los cuales van desde la toma de temperatura hasta la detección de sonidos ultrasónicos, pero hay uno el cual es el que analizaremos, nos referimos a la medición de vibraciones producidas por la rotación de sus componentes internos. Para detectar dichas vibraciones se utilizan colectores portátiles y sistemas de monitoreo continuo, colocando sensores de vibración en los apoyos de los ejes del equipo. Cuando un equipo es revisado con este método se registra una vibración, la cual en primera instancia podría no indicarnos mucho, pero analizándola nos otorga información valiosa del estado en el que se encuentra nuestro equipo, detectando así si existe algún desbalance en un componente interno, problemas de engranaje, exceso o falta de lubricante, etc.

Como ya se ha mencionado, este método registra una vibración en el equipo, pero ¿Qué es una vibración? Se puede definir como “el movimiento de vaivén de una máquina o elemento de ella en cualquier dirección del espacio desde su posición de equilibrio”. Como todo fenómeno que nos rodea, podemos distinguir algunos componentes en una vibración, los cuales son:

Amplitud (A): Es la magnitud máxima del desplazamiento con respecto al equilibrio y siempre es positiva. La unidad de A en el SI es el metro (m).

Longitud de onda ( $\lambda$ ): Es la distancia entre dos puntos de una vibración que se encuentran a la misma altura, su unidad de medida son los metros (m)

Crestas y valles: Son los puntos más altos (cresta) y más bajos (valle) que se alcanza con respecto a un punto de equilibrio, también se miden en metros (m).

Ciclo: Es un viaje redondo (de ida y vuelta), digamos de A a 2A y de regreso a A.

Periodo (T): Es el tiempo que tarda un ciclo, y siempre es positivo. La unidad del periodo en el SI es el segundo, aunque a veces se expresa como “segundos por ciclo”.

Frecuencia (f): Es el número de ciclos en la unidad de tiempo, y siempre es positiva. La unidad de la frecuencia en el SI es el Hertz: 1 Hertz=1 Hz=1 ciclo/seg=1s<sup>-1</sup>.

El movimiento armónico simple es el tipo de oscilación más sencillo sucede cuando la fuerza de restitución  $F_x$  es directamente proporcional al desplazamiento  $x$  con respecto al equilibrio. Si la aceleración de un objeto es proporcional a su desplazamiento con relación al punto de equilibrio y es opuesta al desplazamiento su movimiento es armónico simple. Quien produce el MAS es una fuerza restauradora que obedece a la ley de Hooke, representada por la ecuación:  $F = -kx$ , siendo  $k$  la constante elástica. La posición de una partícula en un movimiento armónico simple varía periódicamente según la siguiente ecuación:  $x = A \cos(\omega t + \phi)$ .

Donde A es la amplitud del movimiento (máxima posición del punto de equilibrio al extremo del movimiento),  $\omega$  es la frecuencia angular, que se puede calcular si se conoce el periodo de movimiento T, así:  $\omega = 2\pi/T$ , para un sistema masa resorte corresponde a  $\omega = \sqrt{k/m}$  y,  $\phi$  es la fase inicial movimiento.

La velocidad instantánea de un oscilador armónico simple está dada por:

$$v = dx/dt = -A\omega \sin(\omega t + \phi)$$

Y su aceleración instantánea se puede calcular a partir de la ecuación:

$$a = -A\omega^2 \cos(\omega t + \phi).$$

Pero lo anterior solo aplica cuando no tenemos ninguna fricción, y es que a la disminución de la amplitud causada por fuerzas disipadoras se denomina amortiguamiento, y el movimiento correspondiente se llama oscilación amortiguada. El caso más sencillo

para un análisis detallado es un oscilador armónico simple, con una fuerza de amortiguamiento por fricción directamente proporcional a la velocidad del cuerpo oscilante.

La ecuación del movimiento obedece a la segunda ley de Newton y se escribe:

$$ma = -kx - \lambda v.$$

Expresamos la ecuación del movimiento en forma de ecuación diferencial, teniendo en cuenta que la aceleración es la derivada segunda de la posición  $x$ , y la velocidad es la derivada primera de  $x$ .

$$\frac{d^2x}{dt^2} + 2\gamma \frac{dx}{dt} + \omega_0^2 x = \omega_0^2 = \frac{k}{m} \quad 2\gamma = \frac{\lambda}{m}$$

$\omega_0$  es la frecuencia natural o propia del oscilador y  $\gamma$  es la constante de amortiguamiento. Las raíces de la ecuación nos dan tres escenarios:

- $\lambda > \omega_0$  = movimiento sobreamortiguado.
- $\lambda = \omega_0$  = movimiento amortiguado crítico.
- $\lambda < \omega_0$  = movimiento subamortiguado.

## Objetivo

Analizar los componentes y características de una vibración con la ayuda de programas digitales para entender su funcionamiento, además de saber como su estudio ayuda en el mantenimiento de equipo rotativo industrial.

## Proceso de análisis

Para este trabajo se hizo uso de Matlab, la cual es una plataforma de programación y cálculo numérico para analizar datos, desarrollar algoritmos y crear modelos; y de Microsoft Excel, el cual es una hoja de calcular que nos permite graficar valores.

Por lo tanto, se diseñó un código que nos permitiera simular una vibración en la plataforma Matlab, dicho código sería introducido en el programa y para así obtener una tabla donde los datos arrojados sean el tiempo y varios puntos de coordenadas, dichas coordenadas fueron graficadas en Microsoft Excel para su estudio.

El código desarrollado y empleado es el siguiente:

Línea

1. clear; clc; close all;
2. m = 1;
3. k = 1;
4. c = 1;
5. F = @(t) 0;
6. odeFun = @(t,y) [y(2); 1/m \* (F(t) - c\*y(2) - k\*y(1))];
7. trange = 0:0.1:50;
8. y0 = 1; v0 = 1;
9. init = [y0 v0];
10. [t, y] = ode45(odeFun, trange, init)

En dicho código vemos tres letras, m en la línea 2, k en la línea 3 y c en la línea 4, siendo m=masa, k=constante del resorte y c=condición inicial.

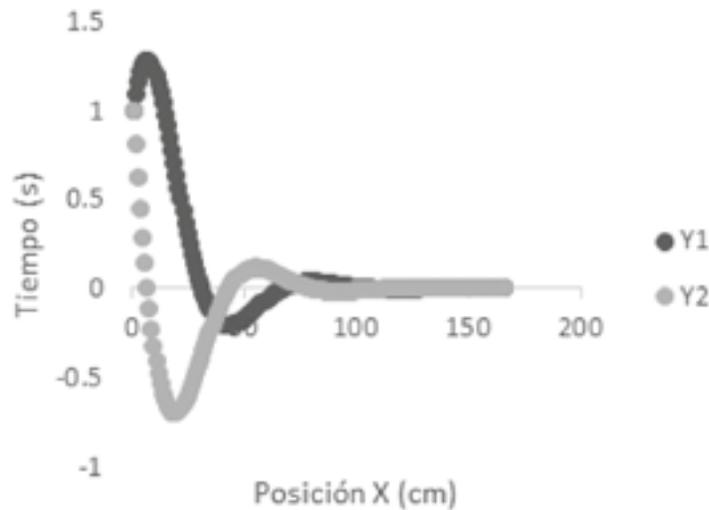
El comando odeFun es aquel que nos ayuda a resolver la ecuación diferencial presentada que corresponde al oscilador armónico amortiguado.

## Resultados y discusión

El primer caso fue con los siguientes valores:

$$m = 1; k = 1; c = 1$$

La grafica en Excel de los resultados arrojados por Matlab es la siguiente:

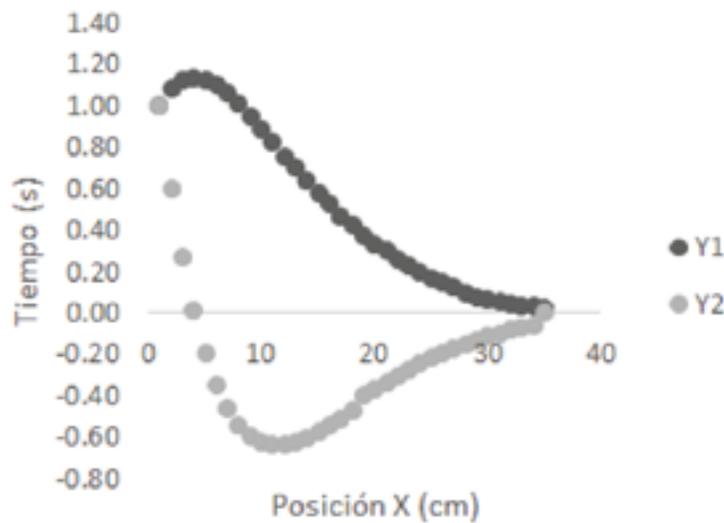


**Figura 1.** *Caso 1*

El segundo caso fue con los siguientes valores:

$$m = 2; k = 4; c = 5$$

La grafica en Excel de los resultados arrojados por Matlab es la siguiente:

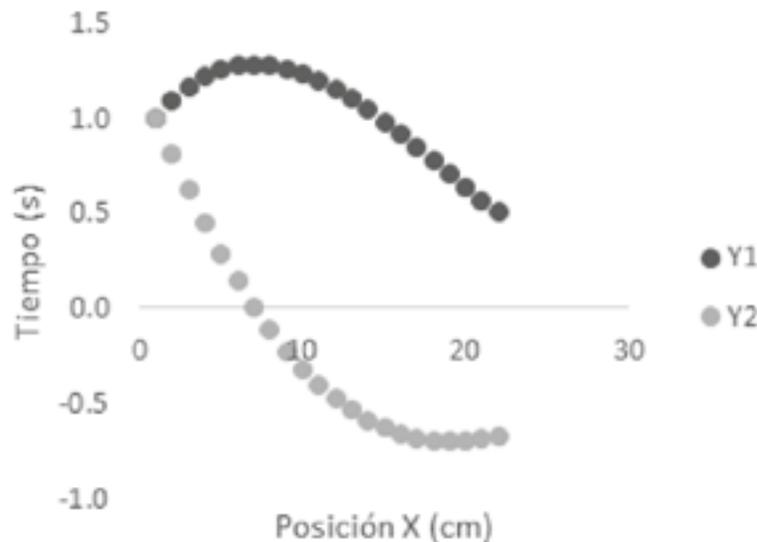


**Figura 2.** *Caso 2*

El tercer caso fue con los siguientes valores:

$$m = 2; k = 2; c = 2$$

La grafica en Excel de los resultados arrojados por Matlab es la siguiente:



**Figura 3.** Caso 3

Cada vibración es diferente, pero como se observa sin importar las condiciones de la vibración, estas son similares entre sí, cuando se registra la vibración de un equipo se pueden detectar vibraciones anormales, al descubrirlas podemos saber cuando un equipo no anda bien, y por ende programar un mantenimiento, y así tener mayores oportunidades de reparar el equipo antes de que el daño sea mayúsculo.

## Conclusiones

En conclusión, dentro de la industria es fundamental la operación de máquinas industriales, las cuales suelen tener constantes problemas, para evitar estos la maquinaria requiere de un mantenimiento constante para aumentar su vida útil y mantenerla operativa, esto con el fin de satisfacer las demandas de producción.

El análisis de vibraciones es una técnica predictiva que nos ayuda a detectar problemas

en los equipos, ya que se basa en el principio de que las máquinas rotativas vibran con cierto patrón de densidad en función del estado de sus componentes internos de rotación.

El propósito de este trabajo fue aplicar la física computacional a esta situación, mediante el uso de métodos numéricos, generando un código que posteriormente se llevó a la aplicación en software como Matlab.

**Agradecimientos:** Profesor Morales Rojas Carlos Alberto y a su auxiliar Luis Carlos Pérez Carbajal.



## Referencias

Pazos E. (s. f) Separación de variables para la ecuación de onda. Recuperado de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de <https://ecfm.usac.edu.gt/epazos/mecanica2/separacion-variables.pdf> (10 de octubre de 2021)

Young D. & Roger A. (2009). Física universitaria, volumen 1. Recuperado de: <http://www.fi.unsj.edu.ar/departamentos/DptoFisica/fid/archivos/FisicaUniversitaria-Sears-Zemansky.pdf> (11 de octubre de 2021)

# OPTIMIZACIÓN DE UN MODELO APLICANDO HOJA DE CÁLCULO PARA PREDECIR UN MODELO DE OSCILADOR ARMÓNICO AMORTIGUADO



*Pérez Carbajal Luis Carlos\*<sup>1</sup>, Ramírez Lucas Luis Angel\*<sup>2</sup>, Gallardo Deloya David Ignacio\*<sup>3</sup>, De La Peña Lina Angel<sup>4</sup>, Lopez Salazar Victor Joaquin<sup>5</sup>.*

<sup>1</sup>) Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[lcpcarbajal@comunidad.unam.mx](mailto:lcpcarbajal@comunidad.unam.mx)

<sup>2</sup>) Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[luis\\_21@comunidad.unam.mx](mailto:luis_21@comunidad.unam.mx)

<sup>3</sup>) Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[david.dg29@comunidad.unam.mx](mailto:david.dg29@comunidad.unam.mx)

<sup>4</sup>) Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[angeldelapena@comunidad.unam.mx](mailto:angeldelapena@comunidad.unam.mx)

<sup>5</sup>) Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[victorjoaquin@comunidad.unam.mx](mailto:victorjoaquin@comunidad.unam.mx)



## Resumen

Se presenta una hoja de cálculo basada en el algoritmo GOAL SEEK de LibreOffice Calc junto con un modelo matemático que permite resolver la ecuación gobernante de un Oscilador Armónico Amortiguado; con la finalidad de predecir y ajustarse a los valores experimentales de una turbina de vapor instrumentada con sensores tipo EDDY de la marca EMERSON, para la protección y control de la misma.

**Palabras clave:** Oscilador, movimiento amortiguado, movimiento armónico, periodo, vibración, frecuencia.

## Antecedentes

Partimos de una situación en la que el desplazamiento (de 5 mm) de una turbina con un movimiento oscilatorio entre los 2.5 a -2.5 tuvo en ella una perturbación, una velocidad crítica, que hizo que empezara a desplazarse a una mayor distancia, siendo esta velocidad crítica, nuestra fuerza límite que soporta nuestra turbina de vapor, lo que activó una señal de alarma de disparo, gracias a la cual el equipo se apagó por protección, llevándola a un estado de oscilación amortiguado del cual tenemos datos registrado en tablas y gráficas obtenidas gracias a los sensores tipo Eddy con los que trabajaremos.

## Objetivo(s)

El principal objetivo es el predecir un modelo para un movimiento oscilador armónico amortiguado y optimizarlo, como objetivo secundario buscaremos la comprensión del funcionamiento de la herramienta SOLVER (de LibreOffice Calc y Excel) o el algoritmo GOAL SEEK de LibreOffice Calc ya que estas serán de utilidad para realizar el objetivo principal.

## Metodología

Con el registro de datos lo que nosotros realizamos es plantear un modelo capaz de predecir el comportamiento que ésta tuvo en el campo experimental; este modelo matemático es el siguiente:

$$\underline{x}(t) = \underline{A}\cos(\omega t + \phi); \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Ahora bien, gracias a la hoja de cálculo lo que haremos será optimizar ese modelo y obtener una estadística por una suma de cuadrados, la cual nos dirá que tan alejado está ese modelo de lo que es el resultado real de la experimentación. Por último, haremos uso de la herramienta SOLVER de LibreOffice Calc y Excel o GOAL SEEK

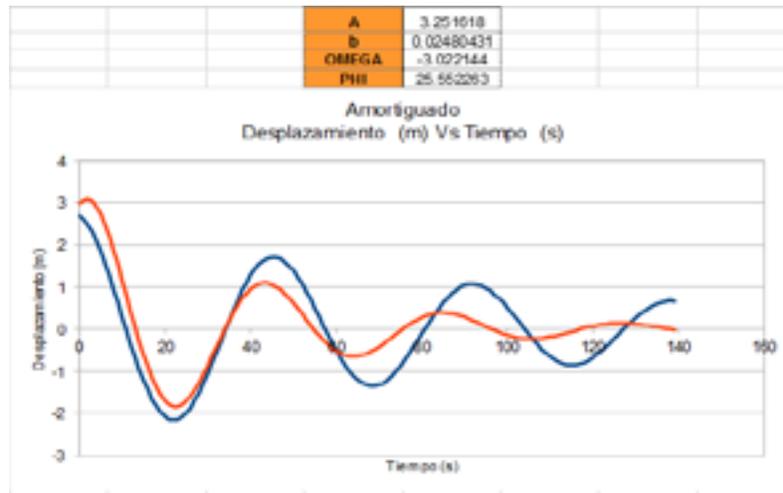
de LibreOffice Calc para hacer que la suma total de todas las desviaciones (SSD) sea la mínima. Esta herramienta fue empleada de la siguiente manera:

- De los valores obtenidos, como son el tiempo y el desplazamiento, se tabularon para realizar algo aplicativo a los temas dados en clase para realizar la optimización de dicho proceso.
- Teniendo datos de nuestro modelo obtenidos por la ecuación del modelo armónico amortiguado, se toman los valores del modelo y el desplazamiento, para determinar la desviación cuadrática, la cual es la diferencia de ambos términos.
- Teniendo la suma de cada valor de nuestro modelo, obtenemos el valor mínimo de desviación. Para ello se hace el uso de la herramienta solver, ya que después de ello, cambiarán los datos de nuestra tabla.
- Usando solver, obtendremos el valor mínimo a usar y con ello obtendremos nuestro valor mínimo para el desplazamiento.

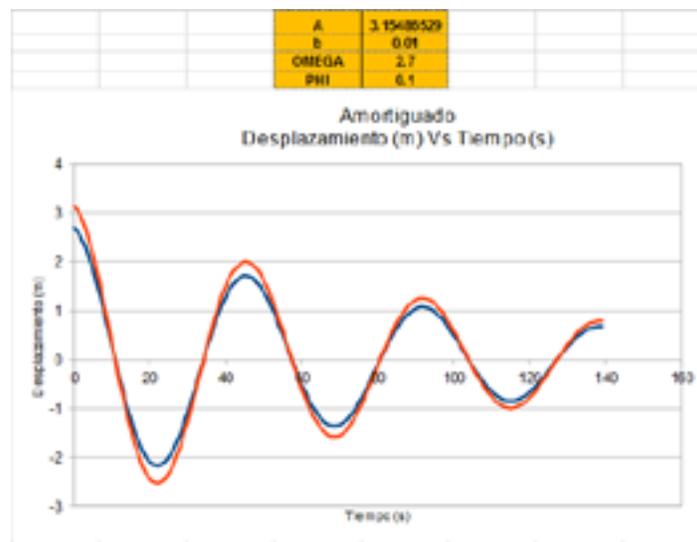
## Resultados y discusión

Aquí tenemos los resultados experimentales que constan de la **Figura 1**. Gráfico de la tabla uno sin ajuste y **Tabla 1. Datos experimentales sin ajustes**. Son de una turbina de vapor instrumentada con sensores tipo EDDY de la marca EMERSON los que se tomaron como base para realizar el trabajo.

La **Figura 2**. Gráfico de la tabla 2 ajustados por solver herramienta para optimización y **Tabla 2. Datos experimentales ajustados por solver herramienta para optimización**, en ellos podemos ver los resultados obtenidos del del modelo planteado, también podemos ver el resultado al obtener la estadística por suma de cuadrados señalada con el nombre “**Squared Dev**”, a su vez ahora conocemos el “nuevo **SSD**”, por último como fue explicado gracias a la herramienta solver obtuvimos los datos optimizados para predecir el movimiento Oscilador armónico amortiguado que se ajustan mejor al desplazamiento experimental.



**Figura 1.** Gráfico de la tabla uno sin ajuste



**Figura 2.** Gráfico de la tabla 2 ajustados por solver herramienta para optimización.

Tabla 1. Datos experimentales sin ajuste

SUMA DE LA DESVIACION CUADRÁTICA				SSD	51.2784814
Tiempo (s)	Voltaje (V)	Tiempo (s)	Desplaz. (m)	MODEL (m)	Squared Dev.
0	4.777	0	2.68651125	2.96965017	0
0.05	4.14	1	2.59966169	3.05837634	0.21041913
0.1	3.7	2	2.46743827	3.07297993	0.3666807
0.15	2.9	3	2.29313473	3.01671494	0.52356832
0.2	2.5	4	2.08074106	2.89429589	0.66187016
0.25	0.9	5	1.83486143	2.71171959	0.76888022
0.3	0.41	6	1.56061074	2.47606608	0.83805848
0.35	-0.388	7	1.26351969	2.19528463	0.8681859
0.4	-0.74	8	0.94942242	1.87797008	0.86220077
0.45	-1.71	9	0.62434564	1.53313547	0.82589895
0.5	-1.94	10	0.29439562	1.16998592	0.76665837
0.55	-2.7	11	-0.03435401	0.79769922	0.69231257
0.6	-2.93	12	-0.36597163	0.42521758	0.61025657
0.65	-2.8	13	-0.66477227	0.06105488	0.52682504
0.7	-2.813	14	-0.96541571	-0.286877	0.44694401
0.75	-3.53	15	-1.22299641	-0.61141966	0.37402612
0.8	-3.09	16	-1.46312373	-0.9062952	0.31005802
0.85	-3.638	17	-1.67199133	-1.1662069	0.25581789
0.9	-3.705	18	-1.84643448	-1.38691268	0.21116029
0.95	-3.6857	19	-1.98397475	-1.56527091	0.17531291
1	-3.413	20	-2.0828513	-1.69925891	0.14714312
1.05	-3.14	21	-2.14203853	-1.7879649	0.12536813
1.1	-2.914	22	-2.16125015	-1.83155515	0.10869879
1.15	-2.846	23	-2.14092971	-1.83121791	0.0959214
1.2	-2.745	24	-2.08222811	-1.78908692	0.08593176
1.25	-2.62	25	-1.98696874	-1.70814682	0.07774166
1.3	-2.598	26	-1.85760114	-1.59212394	0.07047814
1.35	-2.506	27	-1.69714424	-1.44536523	0.06339267
1.4	-2.486	28	-1.50912035	-1.27270901	0.05589032
1.45	-2.305	29	-1.29748146	-1.07935075	0.047581
1.5	-2.298	30	-1.06652906	-0.87070711	0.03834623
1.55	-2.20658	31	-0.82082935	-0.6522816	0.02840834
1.6	-2.159	32	-0.56512528	-0.4295347	0.0183848
1.65	-2.1058	33	-0.30424708	-0.20776128	0.00930951
1.7	-2.065	34	-0.0430231	0.00802228	0.00260563
1.75	-2.0065	35	0.21380768	0.21317914	3.9506E-07
1.8	-1.857	36	0.46167968	0.4035395	0.00338028
1.85	-1.75	37	0.69628003	0.57547321	0.01459429
1.9	-1.69	38	0.91362168	0.72594652	0.03522197
1.95	-1.53	39	1.11010916	0.85256249	0.06633029
2	-1.36	40	1.282596	0.9535849	0.10824831
2.05	-1.105	41	1.42843279	1.0279459	0.16038975
2.1	-0.9785	42	1.54550536	1.07523805	0.22115134
2.15	-0.7485	43	1.63226248	1.09569169	0.28790821
2.2	-0.42563	44	1.68773281	1.09013873	0.35711867
2.25	-0.32254	45	1.711531	1.05996465	0.4245387
2.3	-0.247	46	1.7038531	1.00704999	0.48553457

Tabla 2. Datos experimentales ajustados por solver herramienta para optimización.

SOLVER COMO HERRAMIENTA PARA OPTIMIZACIÓN						
EXPERIMENTAL				Modelo		
Tiempo (s)	Voltaje (V)	Tiempo (s)	Desplaz. (m)	MODEL (m)	Squared Dev.	SSD
0	4.777	0	2.68551246	3.139104105	0.204840296	5.0000002
0.05	4.14	1	2.599661687	3.03762312	0.191810217	
0.1	3.7	2	2.467438274	2.89312421	0.172794798	
0.15	2.9	3	2.293134731	2.679459889	0.149244114	
0.2	2.5	4	2.08074186	2.431281583	0.122878097	
0.25	0.9	5	1.834861435	2.14397802	0.095553063	
0.3	0.41	6	1.560610745	1.823524693	0.069123744	
0.35	-0.388	7	1.263519687	1.476383112	0.045310836	
0.4	-0.74	8	0.949422417	1.109370307	0.025583328	
0.45	-1.71	9	0.62434564	0.729528292	0.01106339	
0.5	-1.94	10	0.29439662	0.343992045	0.002459805	
0.55	-2.7	11	-0.03435401	-0.040141583	3.3496E-05	
0.6	-2.93	12	-0.355971629	-0.41594168	0.003596407	
0.65	-2.8	13	-0.664772267	-0.776765538	0.012542493	
0.7	-2.813	14	-0.95541571	-1.116373282	0.02590734	
0.75	-3.53	15	-1.222996406	-1.429032931	0.042451049	
0.8	-3.09	16	-1.463123732	-1.709614177	0.06075754	
0.85	-3.638	17	-1.671991326	-1.953669408	0.079342542	
0.9	-3.705	18	-1.846434479	-2.157500759	0.095762231	
0.95	-3.6857	19	-1.983974754	-2.318212256	0.111714707	
1	-3.413	20	-2.082851298	-2.433746394	0.123127369	
1.05	-3.14	21	-2.142038526	-2.502804814	0.130224478	
1.1	-2.914	22	-2.161250149	-2.525352992	0.132570881	
1.15	-2.846	23	-2.14092971	-2.501609197	0.130089692	
1.2	-2.745	24	-2.082228109	-2.433018218	0.123053701	
1.25	-2.62	25	-1.989968739	-2.321710633	0.112052136	
1.3	-2.598	26	-1.857601142	-2.170548654	0.097936146	
1.35	-2.506	27	-1.697144236	-1.983059794	0.081747706	
1.4	-2.486	28	-1.509120352	-1.763359784	0.064637689	
1.45	-2.305	29	-1.297481457	-1.518066375	0.047779367	
1.5	-2.298	30	-1.066529057	-1.246205742	0.032283711	
1.55	-2.20558	31	-0.820829352	-0.959113346	0.019122463	
1.6	-2.159	32	-0.565125276	-0.660331155	0.009064159	
1.65	-2.1058	33	-0.30424708	-0.355503167	0.002627187	
1.7	-2.065	34	-0.043023097	-0.050271139	5.25341E-05	
1.75	-2.0065	35	0.213807579	0.249827565	0.001297432	
1.8	-1.857	36	0.45167968	0.539458221	0.006049602	
1.85	-1.75	37	0.695280031	0.813581371	0.013759604	
1.9	-1.69	38	0.913621679	1.067538268	0.023690316	
1.95	-1.53	39	1.110109163	1.297127729	0.034975944	
2	-1.36	40	1.282596	1.498673187	0.04668935	
2.05	-1.105	41	1.428432788	1.669078897	0.05791055	
2.1	-0.9785	42	1.545505358	1.805874522	0.067792102	
2.15	-0.7485	43	1.632282478	1.907247495	0.07561676	
2.2	-0.42563	44	1.687732805	1.972062833	0.080843564	
2.25	-0.32254	45	1.711531	1.999870276	0.083139538	
2.3	-0.247	46	1.7038531	1.990898892	0.082395286	

## Conclusiones

Con una base en una hoja de cálculo con datos que muestran el movimiento oscilador armónico amortiguado de una forma muy brusca mostrando picos que no se esperan, planteando el modelo adecuado y poniendo en funcionamiento la herramienta solver se realizó un ajuste en la hoja de cálculo tal que los resultados son satisfactorios y se asemejan más a la realidad formando así el gráfico mostrado.

Ante esto dan la certeza de que el modelo ha sido optimizado correctamente, esto puede ser usado para más aplicaciones dentro de la industria.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al Profesor adjunto, Luis Carlos Carbajal Pérez, por su apoyo en la elaboración y organización del proyecto, al igual que al profesor Carlos Alberto Morales Rojas por el incentivo al alumnado de la investigación de proyectos dados al ámbito de enseñanza.



## Referencias

- Halliday D. & Resnick R. (1993). Fundamentos de la Física Cuarta Edición Extendido y Tanner Interactivo Aprendizaje Parte 1 y Parte 2 Set (Ampliado 4o ed.). Wiley.
- Rodríguez & Gesnouin. (2007). Effective Mass of an Oscillating Spring. The Physics Teacher.
- Nebot M (sf). Oscilador Armónico Simple y Amortiguado. Departamento de Física Teórica, Universidad de Valencia.
- Scheffer C. & Mecheng (2004). Practical Machinery Vibration Analysis and Predictive Maintenance. Newnes.
- Sofronas A. (2012). Case Histories in Vibration Analysis and Metal Fatigue for the Practicing Engineer. Wiley.

# TRANSFERENCIA DE CALOR EN ESTADO ESTACIONARIO



*Reyes Peñaloza Erick Gabriel<sup>1</sup>, Nuño Hernández Ana Paula<sup>2</sup>, Falcon Flores Abraham<sup>3</sup>, Pérez Carbajal L.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> *Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, [reyes.erick.gabriel@gmail.com](mailto:reyes.erick.gabriel@gmail.com), [318305824@cuautitlan.unam.mx](mailto:318305824@cuautitlan.unam.mx)*<sup>3</sup> *[Abrahamajam.esta@gmail.com](mailto:Abrahamajam.esta@gmail.com), [iqlcpc98@gmail.com](mailto:iqlcpc98@gmail.com)*



## Resumen

Todos los dispositivos de ingeniería que se utilizan involucran la conversión de energía. En estos procesos, se libera mucho calor como parte de la pérdida de energía. La eficiencia de cualquier dispositivo se puede incrementar minimizando las pérdidas debidas a la transferencia de calor y es por eso que en este proyecto se dará a conocer que es lo que se puede resolver con la transferencia de calor en estado estacionario, así mismo conoceremos las distintas ecuaciones para la resolución de problemas. En el presente trabajo se propone un modelo matemático para la propagación de calor en una placa rectangular, en régimen estacionario. Se hará un análisis numérico donde se usará una técnica numérica para resolver ecuaciones diferenciales mediante la aproximación de derivadas con diferencias finitas. Los métodos de diferencias finitas convierten las ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales en un sistema de ecuaciones lineales, las cuales se pueden resolver con álgebra y así tener una solución numérica de nuestro problema. El modelo matemático se basa en la ecuación diferencial de Laplace, considerando las condiciones de frontera dada y en régimen estacional.

**Palabras clave:** temperatura, simulación, energía, modelo, transferencia.

## Antecedentes

Se dará a conocer que es lo que se puede resolver con la transferencia de calor en estado estacionario, así mismo conoceremos las distintas ecuaciones para la resolución de problemas.

Con frecuencia se tiene interés en la razón de la transferencia de calor a través de un medio, en condiciones y temperaturas superficiales estacionarias. Ese tipo de problemas se pueden resolver con facilidad sin la intervención de ecuaciones diferenciales, mediante la introducción de los conceptos de resistencia térmica, de manera análoga a los problemas sobre circuitos eléctricos. La resistencia térmica corresponde a la resistencia eléctrica, la diferencia de temperatura a la tensión y la rapidez de la transferencia de calor a la corriente eléctrica.

La temperatura es una magnitud referida a las nociones comunes de caliente, tibio, frío que puede ser medida, específicamente, con un termómetro. En física, se define como una magnitud escalar relacionada con la energía interna de un sistema termodinámico, definida por el Principio cero de la termodinámica.

Ahora bien el calor lo podemos definir como “el paso de transferencia de energía entre diferentes cuerpos o diferentes zonas de un mismo cuerpo que se encuentran a distintas temperaturas” es importante señalar que la energía calorífica se asocia de manera directa al movimiento de las partículas dentro de un sistema determinado.

Aunque el calor se puede transferir por convección, conducción y radiación, en nuestro caso abordaremos solo el de conducción unidimensional en estado estacionario.

Los fenómenos de la naturaleza son estudiados por la ingeniería a través de la modelación matemática; esta se pueda plantear como una ecuación diferencial, cuya solución analítica proporciona una mayor comprensión del fenómeno estudiado.

## Objetivos

Resolver la propagación de calor en una placa rectangular metálica homogénea, con condiciones de frontera establecido en régimen estacionario.

Visualizar y comparar con la ayuda de la simulación computacional la propagación de calor en régimen estacionario, los dos métodos mencionados.

## Parte experimental (Determinación del modelo matemático, ecuación de Laplace)

En el método de diferencias finitas, el problema con las condiciones de borde, de un dominio continuo se discretiza de tal modo que las variables dependientes existen sólo en puntos discretos. Las derivadas se aproximan mediante diferencias, lo que da origen a una representación algebraica de las ecuaciones diferenciales parciales.

Para determinar las ecuaciones del modelo matemático de la propagación de calor en régimen estacionario, planteamos el siguiente problema: Encontrar la ecuación de propagación de calor en régimen estacionario en una placa rectangular, cuyas condiciones de frontera están determinadas.

La conducción de calor o transferencia de energía en forma de calor por conducción es un proceso basado en el contacto directo entre los cuerpos, sin intercambio de materia, porque el calor fluye desde un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura que está en contacto con el primero. La propiedad física de los materiales que determina su capacidad para conducir el calor es la conductividad térmica. La propiedad inversa de la conductividad térmica es la resistividad térmica, que es la capacidad de los materiales para oponerse al paso del calor.

El caso más general de la ecuación de conducción, expresada en forma diferencial, refleja el balance entre el flujo neto de calor, el calor generado y el calor almacenado en el material.

El modelo matemático se basa en la ecuación diferencial de Laplace, considerando las condiciones de frontera dada y en régimen estacionario:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0$$

Hay una técnica analítica para la resolución de esta ecuación exitosa como el procedimiento de división de variables. Dependiendo del tipo de coordenadas en la que se defina el problema, en nuestro caso coordenadas rectangulares, el desarrollo de las resoluciones conduce a series infinitas de Fourier. Alternativamente, tienen la posibilidad de usar procedimientos de aproximación numérica para encontrar el reparto de temperaturas en la placa rectangular. Entre los más desarrollados y utilizados tienen la posibilidad de citar, el procedimiento de diferencias finitas.

La ecuación del calor se deriva de la ley de Fourier y la conservación de la energía. La ley de Fourier instituye que la tasa de tiempo de transferencia de calor por medio de un material es proporcional al gradiente negativo en la temperatura y al área, en ángulo recto a aquel gradiente, por medio del cual fluye el calor.

$$q = -k\nabla T$$

Se concluye que, en un medio isotrópico, el calor fluye por conducción en la dirección en el cual el bajón de temperatura es más pronunciado. Para un fluido en desplazamiento  $Q$  representa la densidad de flujo de energía calorífica relativa al fluido en desplazamiento. De manera integral, el calor que atraviesa una área  $S$  por unidad de tiempo viene dado por la expresión:

$$\frac{dQ_s}{dt} = \int_S q \cdot dS = -k \int_S \nabla T \cdot dS$$

La situación más general de la ecuación de conducción, expresada en forma diferencial, refleja el balance entre el flujo neto de calor, el calor creado y el calor guardado en el material.

$$\alpha \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} \right) + \frac{q_G}{\rho C_p} = \frac{\partial T}{\partial t}$$

La metodología se divide en tres partes:

- A. Determinación del modelo matemático (ecuación de Laplace) en forma analítica.
- B. Determinación del modelo matemático (ecuación de Laplace) con diferencias finitas.
- C. Simulación computacional

## Resultados y discusión

Se generó un código en OCTAVE, el cual estará en el anexo 1 de este documento, para resolver la ecuación diferencial que gobierna al sistema por medio de diferencias finitas y un ciclo “for”.

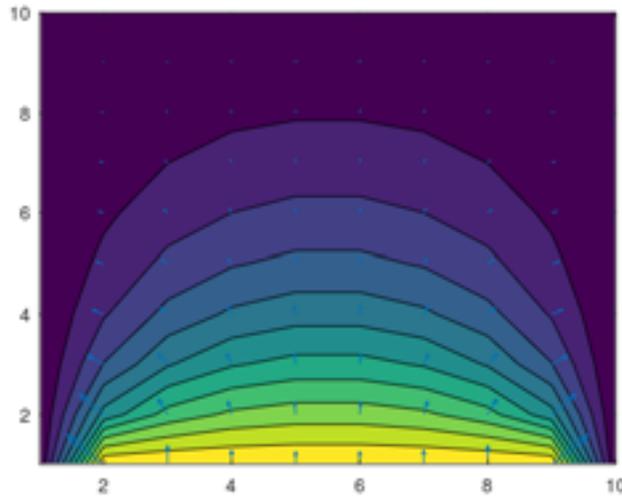
En la figura 1 se puede observar la ejecución del código elaborado, el cual es creado con el objetivo de facilitar el cambio en los rangos que se deseen y así, se cree una demostración gráfica de lo ocurrido en la transferencia de calor.

```

3 clear; clc; close all;
4
5 %Declaramos nuestras variables iniciales para resolver Edo Estac. (x,y) f(T)
6 Nx = 10; Ny = 10;
7
8 T = zeros (Nx, Ny) ;
9
10 %Condiciones fronteras
11 T (1,:) = 1000;
12 T (:,1) = 0;
13 T (:,end) = 0;
14 T (end,:) = 0;
15
16 %Ciclo para resolver nuestra ecuación gobernante
17 for iter = 1:100
18
19     for i = 2:Nx-1
20         for j = 2:Ny-1
21             T (i,j) = 0.25*(T(i+1,j) + T(i-1,j) + T(i,j+1) + T(i,j-1));
22         end
23     end
24 end
25
26 %Comando para graficar nuestros resultados obtenidos
27 contourf(T)
28 hold on
29 [gx, gy] = gradient (T);
30 %GRAFICAR LOS VECTORES
31 quiver (-gx,-gy)

```

**Figura 1.** Código del simulador de transferencia de calor



**Figura 2.** Gráfica obtenida en el simulador de transferencia de calor

En la figura 2 se aprecia los resultados en forma continua de la distribución espacial de la energía de una placa en la transferencia de calor.

## Conclusiones

Se llegó a la conclusión que los programas computacionales dan una solución numérica y demuestran que se puede resolver problemas de transferencia de calor o de cualquier fenómeno físico, y esto es importante ya que todo aplica soluciones numéricas. También se logró comparar y visualizar los cambios de transferencia de calor en estado estacionario con variables establecidas en un medio computacional.

El modelo asume una conducción 2D transitoria con propiedades constantes a lo largo de la simulación. El código también se puede modificar para la necesidad personal de quien lo necesite.



## Referencias

- Ibarra M.. (2012) *La ecuación del calor de Fourier: Resolución mediante métodos de análisis en variable real y en variable compleja*. Facultad de Ingeniería. UNAM.
- Serway R. & Jewtt J. W. (2010). *Física para Ciencias de Ingeniería* (7.<sup>a</sup> ed.). Thomson-Paraninfo.
- Parsons K. (s. f.). *MATLAB FEA Thermal Transient Solver*. KParsons. Recuperado 12 de octubre de 2021, de <https://kevinkparsons.com/matlab-fea-transient-heat-transer.html>
- Mohanty S. (2021). *A Numerical Solution to 2D Flat Plate Problem with Constant Conductivity Heat Transfer*. Skyfi Labs. Recuperado 12 de octubre de 2021, de <https://www.skyfilabs.com/project-ideas/numerical-solution-to-two-dimensional-flat-plate-problem-with-constant-conductivity-heat-transfer>
- Wikipedia contributors. (2021). *Finite difference method*. Wikipedia. Recuperado 12 de octubre de 2021, de [https://en.wikipedia.org/wiki/Finite\\_difference\\_method](https://en.wikipedia.org/wiki/Finite_difference_method)
- Wikipedia. (2021). *Conducción de calor*. Wikipedia. Recuperado 12 de octubre de 2021, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Conducci%C3%B3n\\_de\\_calor](https://es.wikipedia.org/wiki/Conducci%C3%B3n_de_calor)

## Anexos

### ANEXO 1: Código de OCTAVE

```
%Comenzamo con los comandos básicos para iniciar un código en OCTAVE
%La siguiente línea se escribe para cada que escribamos código nuevo
clear; clc; close all;

%Declaramos nuestras variables iniciales para resolver Edo Estac. (x,y) f(T)
Nx = 10; Ny = 10;
T = zeros (Nx, Ny) ;
%Codiciones fronteras
T (1,:) = 1000;
T (:,1) = 0;
T (:,end) = 0;
```

```
T (end,:) = 0;
%Ciclo para resolver nuestra ecuación gobernante
for inter = 1:100

    for i = 2:Nx-1
        for j = 2:Ny-1
            T (i,j) = 0.25*(T(i+1,j) + T(i-1,j) + T(i,j+1) + T(i,j-1));
        end
    end
end

%Comando para graficar nuestros resultados obtenidos
contourf(T)

hold on

[gx, gy] = gradient (T);
%GRAFICAR LOS VECTORES
quiver (-gx,-gy)
```

# MODELADO Y SIMULACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE ENERGÍA UV EN UNA SOLUCIÓN DE AZUL DE METILENO



*Ana Cristina Cárdenas\*<sup>1</sup>, Paúl Ernesto Vargas Jentzsch<sup>1</sup>, Roque Antonio Santos Torres<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Facultad de Ingeniería Química, Escuela Politécnica Nacional, [ana.cardenas@epn.edu.ec](mailto:ana.cardenas@epn.edu.ec); [roque.santos@epn.edu.ec](mailto:roque.santos@epn.edu.ec); [paul.vargas@epn.edu.ec](mailto:paul.vargas@epn.edu.ec)



## Resumen

Se simuló la energía absorbida por una solución de azul de metileno expuesta a radiación UV. Esta simulación fue realizada con el fin de comprender los mecanismos de absorción de la energía en soluciones acuosas con el objetivo final de desarrollar un sistema dosimétrico similar al existente para radiaciones ionizantes. Tradicionalmente se ha empleado como unidad de dosis la energía irradiada sobre el área de exposición. Sin embargo, esta definición implica que toda la energía impartida en la muestra ha sido absorbida por la misma, lo cual no es correcto. Solo parte de la energía a la que se expone la muestra es absorbida y causa el efecto deseado. El resto de la energía se escapa del sistema, se absorbe en las paredes del contenedor o se emplea en aumentar la temperatura. El presente trabajo pretende cuantificar que cantidad de energía es invertida en cada uno de los procesos antes mencionados. Para esta simulación se empleó el Software Matlab y se partió de la Ecuación de Transporte de Radiaciones. Se simuló la absorción de energía UV en una solución de azul de metileno contenida en una caja petri y un fotorreactor expuestos a radiación UV. Los resultados obtenidos de esta simulación se compararán con resultados similares obtenidos a partir de

experimentaciones anteriores con una geometría de exposición similar a la simulada. En la caja Petri, la intensidad absorbida obtenida de la simulación fue de  $17,7910 \text{ J/s}\cdot\text{m}^2$ , mientras que la obtenida experimentalmente fue de  $22.2360 \text{ J/s}\cdot\text{m}^2$ . Estos valores presentan un porcentaje de error de 19.23%, lo que permite inferir que, si bien se obtuvo un modelo ajustado a la realidad, se podrían disminuir algunas simplificaciones o realizar nuevas consideraciones para ajustar aún más el modelo matemático. En el fotorreactor UV, la energía absorbida por la solución de azul de metileno, obtenida por simulación, fue de  $104.4 \text{ J/m}^2\cdot\text{s}$ . La transmitancia obtenida experimentalmente para el fotorreactor UV de vidrio de borosilicato fue de 56,05% para radiación UVA, mientras que de la simulación se obtuvo una transmitancia de 57.96% para este mismo tipo de radiación. Estos valores presentan un 3,4% de error, lo que permite inferir que el modelo planteado para el fotorreactor fue una aproximación cercana a la realidad y que las consideraciones y simplificaciones fueron correctas.

**Palabras clave:** Dosimetría, Radiación UV, Coeficiente de absorción molar, RTE

---

## Antecedentes

La fotocatalisis se basa en el incremento de la velocidad de una fotorreacción por medio de un catalizador. Esta técnica es considerada una tecnología altamente eficiente para solucionar problemas que involucran contaminantes en el agua (Giraldo, Pañuela, & Mejía, 2004, pp. 9-16). Las aplicaciones de esta tecnología usan luz UV, la cual se encuentra en la franja del espectro electromagnético que va desde 400 a 100 nm de longitud de onda. El principal efecto de la exposición a radiación UV se asocia a la producción de moléculas excitadas que desencadenan reacciones químicas. Actualmente, es muy común utilizar procesos foto catalíticos para la degradación de colorantes textiles (Rubiano & Laguna, 2005, pp.105-121). Sin embargo, se han identificado ciertos problemas en su aplicación, los cuales se asocian a un gasto energético innecesario (Wright & Cairns, 2010, pp. 9-25). Esto se debe a que, en los

estudios publicados, se reportan las dosis irradiadas en soluciones por unidad de área y no por unidad de masa. Estos reportes no permiten tener una noción precisa de cuanta energía se necesita entregar por unidad de masa para alcanzar el resultado esperado (Mills, 2009, pp. 136-141). Esta definición se corresponde con el concepto de dosis absorbida, que tradicionalmente se reporta en Grays. La absorción de energía en el medio varía en función de la naturaleza de la radiación y de las características del material (Estévez, 2018, pp. 35-60).

Existen estudios previos de los tipos de dosimetría que se recomienda utilizar en medios sólidos y acuosos para evaluar la dosis en Grays. Por un lado, Vedelago (2019) señala que los dosímetros de gel polimérico utilizan reactivos químicos sensibles a los radicales libres producidos por la radiólisis del agua. Por otro lado, el principio de medición del dosímetro de película de hidroxiteil celulosa se asocia con su decoloración por medio de reacciones redox del colorante azul de metileno (Kim, 2009, pp. 809-1012). Además, se ha evaluado el uso de soluciones de colorante rojo Congo en dosimetría de radiaciones ionizantes. En ese caso, se obtuvo una decoloración de la solución ante una exposición lineal de radiación en función de la dosis absorbida (Parwate, Sarma & Batra, 2007, pp. 1527-1529). Es conocido que el azul de metileno se degrada en presencia de la radiación UV, sin embargo, esta degradación no es lineal con la energía absorbida. No obstante, es posible utilizar la concentración de este compuesto para medir indirectamente la dosis.

Adicionalmente existen diversas investigaciones que simulan la absorción de fotones de baja energía en un medio. Estos trabajos se han desarrollado en códigos de dinámica de fluidos computacional (CFD) que consideran modelos simplificados de la ecuación de transferencia de radiación (RTE) como la Ley de Lambert y Beer o el modelo de ordenadas discretas no grises (DO) que considera la ecuación del transporte de radiación (RTE por sus siglas en inglés) integrada en un intervalo de longitud de onda específico (Keshavarzfath & Taghipour, 2019, pp.14-30; Siamak & Fariborz, 2009, pp.15-20).

En un trabajo previo, enmarcado en el mismo proyecto de investigación que cubre el presente estudio y que no ha sido aún publicado, se desarrolló una estimación entre la energía impartida por una lámpara UV y la dosis (media en Grays) absorbida por azul de metileno en solución. Dicho trabajo requirió la exposición de soluciones de azul de metileno en diferentes concentraciones a las mismas condiciones de dosis para radiación UV y para radiación gamma. Los valores calculados en este trabajo requieren validación, tanto por simulación de la radiación absorbida,

como por la comparación con datos experimentales.

Contar con un sistema dosimétrico en unidades congruentes es un punto clave para la comparación de radiación gamma y radiación UV. Así se podría garantizar la descontaminación de un efluente de forma más objetiva antes de ser descargada a cuerpos de agua superficiales. Determinar la dosis para tratar aguas residuales contaminadas con colorantes es esencial para la optimización de procesos, ya que se podrá conocer el tiempo de exposición necesario para que un determinado volumen de efluente, con una concentración inicial de contaminante, llegue a las concentraciones permisibles independientemente de la potencia de la lámpara UV. Por otro lado, plantear el uso de las mismas unidades facilitará la comparación de los efectos producidos por ambas técnicas en las soluciones tratadas.

## Objetivos

### Objetivo general

Modelar y simular la absorción de energía UV y gamma en una solución de azul de metileno

### Objetivos específicos

- a. Desarrollar un modelo matemático que describa la absorción de energía UV en una solución de azul de metileno para una geometría plana y un fotorreactor anular.
- b. Validar los resultados simulados con datos experimentales obtenidos por la irradiación de una solución de azul de metileno con rayos UV.

### Estrategia Metodológica

**- Desarrollar un modelo matemático que describe la absorción de energía UV en una solución de azul de metileno.**

Para generar este modelo, se partió de la ecuación de transferencia de radiación (RTE por sus siglas en inglés), que se muestra en la expresión 1.

$$\frac{1}{c} \frac{\partial I}{\partial t} + \vec{v} \cdot (I\vec{n}) = -W^a + W^e + W^{s-in} - W^{s-out} \quad (1)$$

*I* = Intensidad de radiación  
*c* = Velocidad de la luz  
 $(\vec{n})$  = ángulo sólido  
*W<sup>a</sup>* = Flujo de fotones absorbidos  
*W<sup>e</sup>* = Flujo de fotones emitidos  
*W<sup>s-in</sup>* = Flujo de fotones dispersos de entrada  
*W<sup>s-out</sup>* = Flujo de fotones dispersos de salida

Se realizaron las respectivas simplificaciones hasta obtener el modelo que describe la absorción de intensidad en un sistema simplificado de geometría regular. Se simularon dos geometrías: una superficie plana expuesta a una lámpara cilíndrica y, un fotoreactor cilíndrico con una lámpara en el ánulo. Se determinaron los valores de cada parámetro, o las ecuaciones que permiten su evaluación. Se resolvió el modelo generado previamente a través de un código de simulación en el Software Matlab. El objetivo del código fue evaluar la cantidad de fotones que son absorbidos en el medio y de esta manera determinar la energía absorbida por la solución. Se utilizó el método de Euler para evaluar la intensidad absorbida por la solución de azul de metileno y se comparó con los resultados experimentales. Los resultados de la energía absorbida en la solución de azul de metileno se compararon con resultados calculados a partir de experimentaciones anteriores en geometrías similares. A través de esta comparación se obtuvo la desviación que presenta el modelo en relación a los resultados experimentales.

## Resultados y discusión

Para obtener el modelo que describe el comportamiento de la intensidad absorbida en un sistema de geometría regular que consiste de una superficie plana expuesta a una lámpara UV cilíndrica, se partió de la ecuación de transferencia de radiación (RTE por sus siglas en inglés) que se muestra en la expresión 2. En esta expresión se encuentran desglosados cada uno de los términos que se presentaron de manera general en la expresión 1.

$$s \cdot \vec{\nabla} I_{(x,s)} + (\alpha + \sigma_s) \cdot I_{(x,s)} = \alpha \cdot I_b(T) + \sigma_s \cdot \int \varphi_{(s,s')} \cdot I_{(x,s')} \cdot d\Omega_{(s')} \quad (2)$$

Se realizaron las siguientes simplificaciones con el fin de obtener un modelo que se ajuste a las condiciones bajo las cuales se realizó la experimentación en un trabajo previo. De este modo, se pudo comparar la intensidad absorbida por la solución de azul de metileno que se obtuvo de manera experimental, con la intensidad que se calculó por simulación en el presente trabajo.

1. No existe material particulado en la solución, por lo que se considera que el coeficiente de dispersión
2. La emisión de Rayos UV debido a la temperatura del agua es muy baja, por lo que el término  $(\sigma_s * \int \psi_{(s,s)} * I_{(x,s)} * d\Omega_{(s)})$ , que se asocia con la ganancia de intensidad en el sistema debido a la Temperatura se desprecia.
3. El medio es homogéneo y por ende el coeficiente de absorción es constante y no depende de la temperatura, únicamente de la longitud de onda.

A partir de dichas simplificaciones, la ecuación que describe al modelo, en una sola dirección (x), se presenta en la expresión 3.

$$\frac{dI_x}{dx} = -\alpha * I_x \quad (3)$$

Se utilizó el Método de Euler para resolver la ecuación presentada en la expresión 6, por lo cual tuvo que discretizarse dicha ecuación como se muestra en la expresión 4.

$$I_{(i+1)} = [(-\alpha * I_{(i)}) * \Delta x] + I_{(i)} \quad (4)$$

En un trabajo previo que se enmarca en el mismo Proyecto de Investigación, Cabascango B. (2021) reporta la intensidad inicial (que emite la lámpara UV) y la intensidad absorbida por la solución, mismas que fueron medidas experimentalmente. Además, en los resultados experimentales de dicho trabajo se determinó que parte de la energía absorbida por la solución se utilizó para calentar la misma, evidenciándose

un cambio de temperatura de 0.4595 K. Por este motivo, se incluyó en la ecuación, una expresión que representa la energía utilizada en el calentamiento de la solución, que se restó de la energía total absorbida para obtener la energía implementada en la descomposición del colorante.

$$I_{(i+1)} = [(-\alpha \cdot I_{(i)}) \cdot \Delta x] + I_{(i)} - \left(\frac{cp \cdot \rho \cdot dT \cdot dx}{dt}\right) \quad (4)$$

La intensidad inicial se utilizó como un dato en la simulación. Esta es la intensidad emitida por la lámpara UV (Rayos UVA) y que ingresa a la muestra. Por otro lado, la intensidad absorbida experimental se utilizó para validar los resultados simulados con los datos experimentales obtenidos por la irradiación de una solución de azul de metileno con rayos UV.

Tabla 1. Intensidad inicial y absorbida por la solución (Cabascango, 2021)

Intensidad	(J/s*m <sup>2</sup> )
Inicial	319.700
Absorbida	22.236

Por otro lado, para la simulación se requirieron ciertas propiedades tanto para la solución de azul de metileno como para el vidrio de borosilicato, ya que parte de la energía que emite la lámpara UV es absorbida por el vidrio de la caja Petri que contenga la solución irradiada. Estas propiedades se muestran en la Tabla 2 y la Tabla 3.

Tabla 2. Propiedades físicas, químicas y ópticas del vidrio de borosilicato

Propiedad	Unidades	Magnitud
Coefficiente de extinción molar	1/m	210.00*
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	2.230*
Capacidad Calórica	J/Kg*K	800
Diámetro interno	m	0.0181
Diámetro externo	m	0.0897
Altura	m	0.0937
Espesor	m	0.0140

\*Coeficiente de extinción molar,  $\lambda = 310 \text{ nm}$  (UVA) (Ehrt, 2002)

Tabla 3. Propiedades físicas, químicas y ópticas de la solución de azul de metileno

Propiedad	Unidades	Magnitud
Coefficiente de extinción molar	m <sup>2</sup> /mol	219.500*
Longitud de onda sometida	Nm	304.00
Concentración	ppm	12.57
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	1.024
Capacidad calórica	J/kg*K	4186

\* Coeficiente de extinción molar  $\lambda= 304 \text{ nm}$  (UVA) (Castañeda, 2006)

Se utilizó el Software Matlab para simular la energía absorbida por el sistema de la solución de azul de metileno y el vidrio de borosilicato de la caja Petri. Con este fin se empleó la ecuación de la expresión 8 y las propiedades presentadas anteriormente. A partir de los resultados obtenidos en dicha simulación, se construyó una gráfica que expone el cambio de la intensidad con el espesor en el sistema; de este modo se pudo obtener la intensidad absorbida por la solución de azul de metileno.

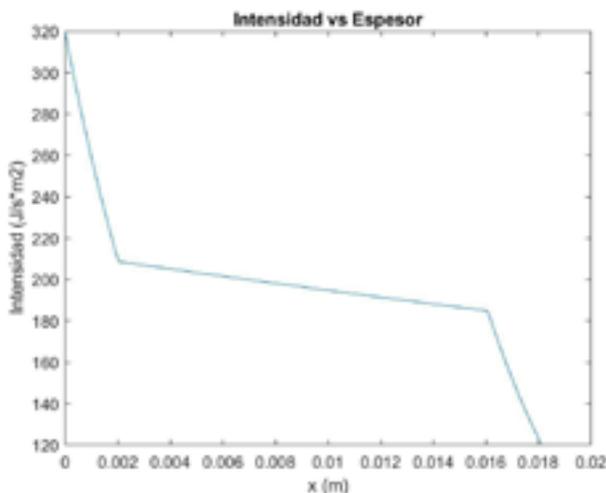


Figura 1. Intensidad absorbida por el sistema expuesto a radiación UV en función del espesor.

En la Figura 1 se puede evidenciar el comportamiento de la energía absorbida por el sistema. La primera parte de la curva, hasta 0,002 m aproximadamente, se presenta a la absorción del vidrio de borosilicato de la caja Petri. A partir de 0,016 m aproximadamente, se muestra en cambio la absorción de la segunda tapa de la caja Petri, Entre estas dos secciones se encuentra la energía absorbida por la solución de azul de metileno. La gráfica muestra que el coeficiente de extinción molar para el borosilicato es mayor que el de la solución de azul de metileno, ya que le permite absorber mayor energía en un espesor menor. En la Tabla 4 se presenta la intensidad absorbida por la solución de azul de metileno, restando la intensidad que absorbió el borosilicato y el consumo energético en el calentamiento de la solución, la cual se obtuvo a partir de la simulación.

*Tabla 4. Transmitancia, Porcentaje de error e Intensidad absorbida por la solución de azul de metileno experimental y simulada*

Propiedad		Simulación
Intensidad absorbida (J/s*m <sup>2</sup> )	22.2360	17.9610
Transmitancia (%)	56,0530	63.8906
Porcentaje de error (%)	-	19,225

Como se observa en la Tabla 4, los resultados obtenidos por la simulación se asemejan a los obtenidos experimentalmente, obteniéndose un 19.3% de error. La variación entre ambos valores puede asociarse a las simplificaciones que se realizaron en el modelo matemático, ya que se desprecian fenómenos de dispersión y se considera que el coeficiente de extinción molar es constante y no cambia con la temperatura. Estas simplificaciones alejan al modelo del comportamiento real del fenómeno. De igual manera, la transmitancia obtenida por simulación y experimentalmente son semejantes, por lo que se puede concluir que el modelo que se planteó es una aproximación cercana a la realidad, que podría disminuir el porcentaje de error si se disminuyen algunas simplificaciones y se realizan nuevas consideraciones.

Por otro lado, en un trabajo de investigación previo, enmarcando en el mismo proyecto de investigación, Cabascango B, (2021) construyó un fotorreactor UV anular en el cual se irradiaron soluciones de azul de metileno con el fin de degradar dicho colorante.

En el presente trabajo de investigación, se modeló y simuló la absorción de energía de una solución de azul de metileno en dicho reactor. Para este fin, se siguió un procedimiento similar al de la caja Petri, utilizándose la misma expresión de la ecuación 4. Únicamente se consideró una geometría diferente ya que el reactor construido era anular y no una superficie plana; en la Tabla 5 se muestran las dimensiones del foto-reactor simulado. Además, las propiedades de la solución de azul de metileno y del reactor son las mismas presentadas en la Tabla 2, ya que este fue construido en vidrio de borosilicato al igual que la caja Petri.

Tabla 5. Propiedades físicas, químicas y ópticas del fotorreactor UV

Propiedad	Unidades	Magnitud
Capacidad Calórica	J/Kg*K	800
Radio interno	m	0.015
Radio externo	m	0.040
Altura	m	0.440
Espesor	m	0.002

En la Figura 2, se presenta el perfil de intensidad absorbida en función de la posición.

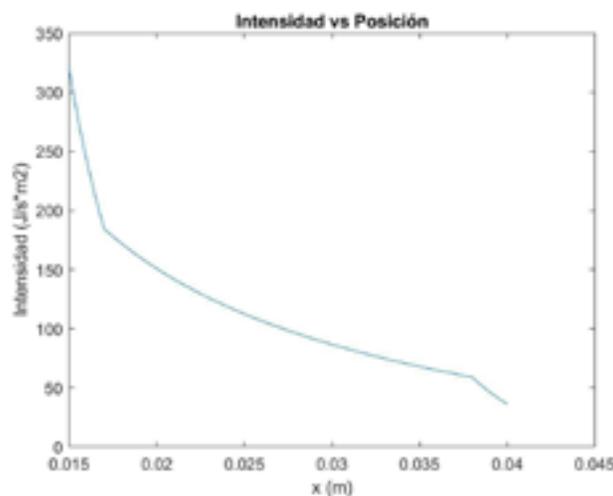


Figura 2. Intensidad absorbida por la solución de azul de metileno en el fotorreactor UV en función del espesor.

Como se puede observar en la Figura 2, el perfil de intensidad en función de la posición es similar al de la caja Petri. La gráfica muestra que el coeficiente de extinción molar para el borosilicato es mayor que el de la solución de azul de metileno, ya que le permite absorber mayor energía en un espesor menor; esto se evidencia en la parte inicial y final de la curva (que corresponden a la pared de borosilicato del reactor) en donde el perfil de intensidad presenta una mayor pendiente. En este caso, la energía absorbida por la solución de azul de metileno, obtenida por simulación, fue de  $104.4 \text{ J/m}^2\text{s}$ , restando la energía consumida en calentar la solución y la intensidad absorbida por la pared del reactor. Cabascango B, (2021) reporta que el fotorreactor construido en vidrio de borosilicato, permitió una transmitancia de 56,05% para radiación UVA, mientras que de la simulación se obtuvo una transmitancia de 57.96% para este mismo tipo de radiación. Estos valores presentan un 3,4% de error, lo que permite inferir que el modelo planteado para el fotorreactor fue una aproximación cercana a la realidad y que las consideraciones y simplificaciones fueron correctas. Sin embargo, es importante en futuros trabajos de investigación, considerar los fenómenos de dispersión y que el coeficiente de extinción molar es constante y no cambia con la temperatura; además de que la bomba de muestreo aporta energía al sistema de fotorreactor UV/ Solución y no únicamente la lámpara UV, por lo que debería tomar en cuenta dicho aporte en el balance de energía.

## Conclusiones

El modelo que se construyó para la absorción de energía UV por la solución de azul de metileno fue una aproximación cercana a la realidad, ya que la intensidad absorbida obtenida de la simulación fue de  $17,9610 \text{ J/s}\cdot\text{m}^2$ , mientras que la obtenida experimentalmente fue de  $22.2360 \text{ J/s}\cdot\text{m}^2$ . Estos valores presentan un porcentaje de error de 19.3 %, La variación entre ambos valores se asociaron a las simplificaciones que se realizaron en el modelo matemático, ya que se desprecian fenómenos de dispersión y se considera que el coeficiente de extinción molar es constante y no cambia con la temperatura. Estas simplificaciones alejan al modelo del comportamiento real del fenómeno. En el fotorreactor UV, la energía absorbida por la solución de azul de metileno, obtenida por simulación, fue de  $104.4 \text{ J/m}^2\text{s}$ , restando ya la energía consumida en calentar la solución. La transmitancia obtenida experimentalmente para el fotorreactor UV de vidrio de borosilicato fue de 56,05% para radiación UVA, mientras que

de la simulación se obtuvo una transmitancia de 57.96% para este mismo tipo de radiación. Estos valores presentan un 3,4% de error, lo que permite inferir que el modelo planteado para el fotorreactor fue una aproximación cercana a la realidad y que las consideraciones y simplificaciones fueron correctas.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Escuela Politécnica Nacional, quién a través del proyecto de investigación PIS-18-05 “Desarrollo de un sistema dosimétrico para absorción de energía UV en soluciones de azul de metileno para comparación con dosimetría de radiaciones ionizantes” financió la presente investigación.



## Referencias

- Castañeda A. (2006). *Entrecruzamiento y vida útil de formulaciones de pvc sometidas a tratamiento con radiaciones ionizantes* (tesis de doctorado). Centro de Investigación en Química Aplicada, Saltillo
- Ehrt D. (2002). *UV-absorption and radiation effects in different glasses doper with iron and tin in the ppm range*. University of Jena, Fraunhoferstr. Jena, Germany
- Estévez R. (2018). *Dosimetría Radiológica*. Revista Edifarm. Vol.1, 35-60.
- Giraldo.L Pañuela G & Mejía A. (2004). *Fotodegradación con dióxido de titanio del colorante Rojo Amaranto en aguas*. Revista Lasallista de Investigación, Antioquia. Vol.1, 19-16.
- Keshavarzfathy M. & Taghipour F. (2019). *Radiation modeling of ultraviolet light emitting diode (UV-LED) for water treatment*. 14-30. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2019.03.030>
- Kim H. (2009). *UV dosimeter based on dichloroindophenol and tin (IV) oxide*. *Analyst*, 134(5), 809–1012. <https://doi.org/10.1039/b820288e>
- Mills A. Grosshans P. & Mcfarlane M. (2009). *UV dosimeters based on neotetrazolium chloride*. *Photochemistry and Photobiology*, 201, 136–141. <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2008.10.010>
- Mills I., Tomislav C., Homann K., Kallay N., & Kuchitsu K. (1993). *Quantities, Units and Symbols in Physical Chemistry*.
- ParwateD.,SarmaI.,&BatraR.(2007).*Preliminaryfeasibilitystudyof congoredyeasasecondarydosimeter*. *Radiation Measurements*, 42, 1527–1529. <https://doi.org/10.1016/j.radmeas.2007.03.002>
- Rubiano H. & Laguna P. (2005). *Estudio sobre las posibilidades de aplicación de la fotocatalisis heterogénea a los procesos de remoción de fenoles en medio acuoso*. Revista Gestión y Ambiente. Vol.8,105-121.
- Siamak & Fariborz (2009). *Simulation of UV Photoreactor for Degradation of Chemical Contaminants: Model Development and Evaluation*. 15-20. American Chemical Society. Environmental Science & Technology. Vol 44 N°6.
- Wright H. & Cairns W. (2010). *Luż Ultravioleta*. Trojan Technologies Inc. London, Ontario, Canada. 9-25.



CIENCIAS QUÍMICAS

# ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES EN AGUAS RESIDUALES MEDIANTE UN PROCESO DE ELECTRO-FENTON DE CARBÓN ACTIVADO GRANULAR.



*Cinthia Michelle Beristain Cuahua\**, Juan Manuel Padilla Flores

Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, [20183g101144@utcv.edu.mx](mailto:20183g101144@utcv.edu.mx)



## Resumen

Se pueden utilizar diferentes electrodos siendo los de grafito, hierro y acero los más económicos, el proceso Electro-Fenton un método de bajo costo, se creó un prototipo para crear tres compartimentos cargados con resinas modificadas con sodio y hierro, se utilizaron jeringas de plástico de 20 mL, se utilizaron telas de carbón para la construcción del ánodo y cátodo, así como un electrodo de referencia saturado para realizar las pruebas electroquímicas de la celda galvánica cuyo proceso es espontáneo, se utilizó un colorante vegetal, con el cual se pudo medir el poder de degradación redox del prototipo electro-Fenton, los resultados muestran que el sistema electro-Fenton presenta una mayor actividad en la degradación redox del colorante vegetal “*curcumind*” a los 60 minutos, 120 minutos y 180 minutos de reacción. El sistema Fenton presenta mayor actividad que el electrodo de referencia sólo constituido por carbón activado.

Palabras claves: carbón activado, degradación redox, electrodo, electro-fenton y prototipo.

## Antecedentes

El carbón activado se ha empleado comúnmente en la adsorción de micro-contaminantes orgánicos en disolución. Una de las principales interacciones adsorbato-adsorbente en estos sistemas son las interacciones hidrofóbicas, por lo tanto, el empleo de carbón activado es especialmente adecuado para la adsorción de fármacos, puesto que muchos de ellos son compuestos orgánicos de baja polaridad. Por otro lado, los mecanismos de adsorción basados en las interacciones dispersivas pueden ser relevantes cuando se trata de compuestos farmacéuticos aromáticos, ya que permiten el establecimiento de interacciones pi-pi entre los electrones del anillo aromático del adsorbato y los electrones deslocalizados de los planos grafénicos de la superficie del carbón activado (Bernal et al., 2018)

El tratamiento con carbón activado en plantas de tratamiento de agua suele instalarse para eliminar los compuestos orgánicos naturales, los compuestos de sabor y olor y los productos químicos orgánicos sintéticos. La adsorción con carbón activado une físicamente las moléculas de la fase gaseosa o líquida a la superficie de este. Los procesos de adsorción comúnmente usados llevan CAG Carbón activado granular y CAP Carbón activado en pellet (pellet). El carbón activado es un adsorbente efectivo porque es un material altamente poroso y proporciona una gran superficie a la que los contaminantes pueden adherirse químicamente. El uso más común es en columnas de lecho para agua de procesos de filtración o pretratamiento de membranas de ósmosis inversa para adsorber. Debido a que este tipo de columna GAC se utiliza en un modo de adsorción de compuestos orgánicos, el carbón puede ser regenerado o reemplazado periódicamente mediante un proceso de reactivación una vez agotado (Barceló, 2021). Un importante efecto de la contaminación orgánica o biológica es el peligro para la salud. En los sistemas de alcantarillado, que llevan aguas servidas sin tratamiento a los ríos, lagos y mares, produce la proliferación de microorganismos que causan enfermedades como el cólera, la tifoidea y la hepatitis, las que se adquieren principalmente por beber agua contaminada o por consumir frutas o verduras regadas con agua contaminada (Admin, 2000). Por otra parte, los excrementos, fertilizantes y detergentes contienen nitrógeno y fosfato, los que permiten un acelerado crecimiento de algas presentes en los cuerpos de agua. Cuando las algas mueren, se depositan en el fondo y sirven como alimento para las bacterias. Tanta comida permite un aumento de la cantidad de bacterias en el agua. A su vez, las bacterias consumen oxígeno, quedando

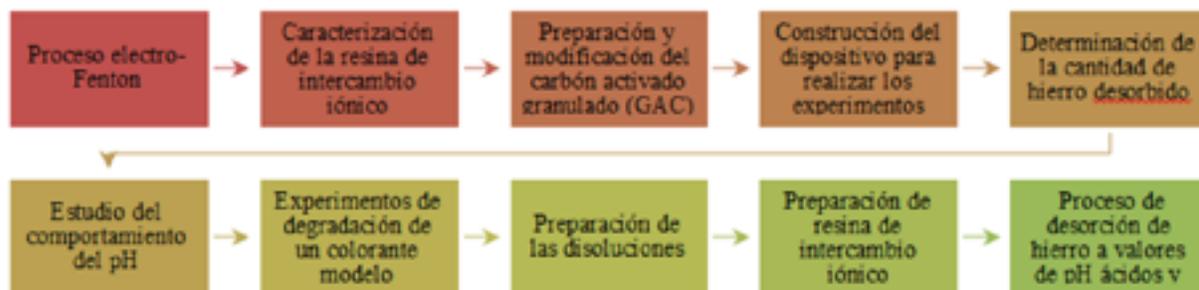
muy poco para los otros seres vivos del agua, principalmente insectos y peces, los que mueren por falta de oxígeno. Este proceso se llama eutroficación y, en casos extremos, podría producir la muerte de toda forma de vida en un cuerpo de agua. Los principales agentes contaminantes de las aguas son las aguas residuales, petróleos, sustancias radiactivas, minerales inorgánicos y compuestos químicos. Las aguas residuales contienen mayormente materias orgánicas que precisan oxígeno, son por tanto un agente desoxigenador del agua cuando entran en descomposición, que generan además olores desagradables (Estrucplan, 2021).

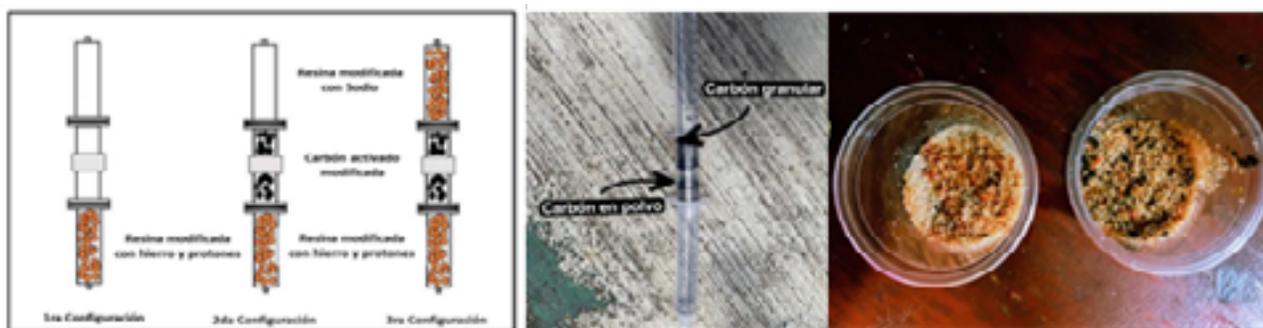
### Objetivo

Eliminar simultáneamente contaminantes de compuestos orgánicos solubles mediante el proceso de Electro-Fenton con ayuda del carbón activado granulado.

### Parte experimental

El proceso electro-Fenton ha sido utilizado en la degradación de distintos compuestos orgánicos, entre ellos están compuestos fenólicos, pesticidas, herbicidas, lixiviados y colorantes sintéticos. Estos últimos son de especial atención ya que una disposición inapropiada de este tipo de colorantes resulta en la contaminación de distintas matrices tales como aguas superficiales, subterráneas y suelos. Debido a su resistencia a la degradación biológica (Fernandez, 2016).





## Resultados y discusión

En la Tabla 1 y Tabla 2, se puede observar los datos de desorción de hierro con un pH igual a 3 y un pH igual a 6, donde la desorción del hierro retenido en la resina se lleva a cabo aproximadamente dentro de los 45 minutos en ambos valores de pH, se observa una cantidad considerable de hierro que se desorbe de la resina y se mantiene dentro del compartimento de carbón activado.

Tabla 1. Desorción total de hierro (pH = 3)

pH=3	Hierro desorbido (mg)	
	40 minutos	130 minutos
Resina	350	558
Resina+ CG	207	504
Resina+ CP	149	302

Tabla 2. Muestra de la desorción total de hierro (pH = 6)

pH=6	Hierro desorbido (mg)	
	40 minutos	130 minutos
Resina	280	448
Resina+ CAG	46	63
Resina+ CAP	13	29

Los experimentos de degradación del colorante vegetal “curcumina”, se llevaron a cabo utilizando una disolución de 0,03 M de sulfato de sodio como electrolito soporte y se realizaron por tiempos de 1, 2 y 3 horas. Los experimentos de control para evaluar la contribución del carbón activado en polvo, se realizaron con el mismo prototipo sin aplicar energía el experimento pasando los primeros 10 minutos de comenzar la prueba, se puede observar un cambio en se puede observar un cambio en ambos casos, sin embargo, las demás muestras en las que no se generó reactivo Fenton tal y como se muestra en la Figura 4a nos indican un aumento en la coloración, que tiene una relación con el carbón activado granular, ya que alcanza un punto de saturación en el cual ya no puede continuar con la eliminación de color.

Por otra parte, donde se generó el reactivo Fenton, el cual se observa en la Figura 4b, hay una decoloración continua durante todo el tiempo que dura el experimento.

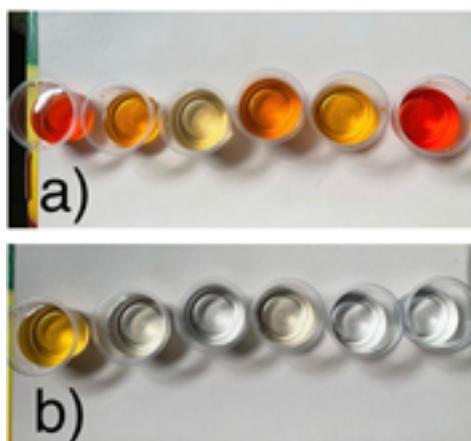


Figura 4. Degradación de color de la curcumina

La Tabla 3 muestra el porcentaje que se obtiene en el proceso sin Fenton y con Fenton a una 1 hora, se observa que hay un ligero incremento en la remoción de colorante vegetal de las muestras al minuto 60, por otra parte el proceso sin electro-Fenton a los 60 minutos tiene un ligero incremento en la remoción del colorante, ya que obtiene un porcentaje del 72.2%, a diferencia del proceso con Fenton que obtiene un incremento en la remoción del colorante a los 20 minutos siendo del 97.8%, indicando una eficiencia del sistema para la remoción de color.

Tabla 3. Porcentajes de remoción de color por 60 min.

Tiempo (minutos)	Remoción de color (%) sin electro- Fenton	Remoción de color (%) con electro- Fenton
20	58.5	97.8
40	66.7	97.1
60	72.2	96.3

La Tabla 4 se muestra el porcentaje que se obtiene en el proceso sin y con electro-Fenton a 2 horas, en el cual se observa que hay un ligero incremento en la remoción de colorante vegetal a los 80 minutos, el proceso sin electro-Fenton a los 100 minutos tiene un incremento en la remoción del colorante muy escaso, indicando que alcanza su punto de saturación en el cual ya no puede continuar con la eliminación de color obteniendo un resultado de porcentaje del 59.2%, por otro lado el proceso con electro-Fenton obtiene un incremento en la remoción del colorante a los 60 minutos siendo del 28.3%, en cual apenas y se alcanza su punto de saturación.

Tabla 4. Porcentajes de las muestras de remoción de color por 2 h

Tiempo (minutos)	Remoción de color (%) sin electro- Fenton	Remoción de color (%) con electro- Fenton
20	16.2	18.2
40	18.1	19.8
60	23.1	28.3
80	34.9	33.2
100	59.2	53.5
120	70.7	73.7

Tabla 5. Porcentajes de remoción de color de las muestras hasta 3 horas

Tiempo (minutos)	Remoción de color (%) sin electro- Fenton	Remoción de color (%) con electro- Fenton
20	19.9	18.8
40	22.3	19.1
60	28.7	24.5
80	34	34.2
100	45.3	50.1
120	53.1	59.88
140	62.2	70.56
160	66.3	88.6

En la Tabla 5 se muestra el porcentaje que se obtiene en el proceso sin y con electro-Fenton a 3 horas, en el cual se observa que hay un ligero incremento en la remoción de colorante vegetal a los 100 minutos, el proceso sin electro-Fenton a los 140 minutos tiene un incremento en la remoción del colorante, indicando que aún no alcanza su punto de saturación en el cual puede continuar con la eliminación de colorante, obteniendo un resultado de porcentaje del 62.2%, por otro lado el proceso con electro-Fenton obtiene un incremento en la remoción del colorante a los 100 minutos siendo del 50.1%, en cual apenas y se alcanza su punto de saturación.

## Conclusiones

Se logro Implementar un sistema de pre- tratamientos de agua más adecuado, en el cual se observó que el proceso de electro-Fenton alcanzó porcentajes de eliminación de curcumina cercano al 99.9%, es importante recalcar que las pruebas obtenidas necesitan equipo de caracterización que permitan obtener un grado de concentración de manera correcta.

De los valores de las Tablas 3, 4 y 5 podemos inferir que el proceso de electro-Fenton ya que van incrementando su eficiencia conforme transcurre el tiempo, obteniendo una remoción continua, gracias a esto se puede decir que el prototipo realizado con materiales de uso común, ayudará en la remoción de contaminantes orgánicos para futuros tratamientos en la remoción de contaminantes.

## Agradecimientos

Los autores manifiestan su agradecimiento a la Universidad Tecnología del Centro de Veracruz y al Programa educativo TSU en Nanotecnología Área Materiales, las facilidades para desarrollar los trabajos de experimentación en los laboratorios de esta casa de estudios.



## Referencias

- Admin. (2000). Composición de las aguas residuales. <https://estrucplan.com.ar/composicion-de-las-aguas-residuales/>
- Barceló, D., y López, M., (2021). Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. CSIC Barcelona. [https://fnca.eu/phoca-download/P.CIENTIFICO/inf\\_contaminacion.pdf](https://fnca.eu/phoca-download/P.CIENTIFICO/inf_contaminacion.pdf)
- Bernal, V., Giraldo, L., y Moreno, J. (2018). Adsorción de acetaminofén sobre carbones activados a diferente pH. Entalpía y entropía del proceso. Revista Colombiana de Química, 47 (2), 54-62.
- Estrucplan, Contaminación, Efluentes Líquidos y Gaseosos. (1 enero de 2000). Composición de las aguas residuales. <https://estrucplan.com.ar/composicion-de-las-aguas-residuales>
- Fernandez Conde, D. (2016). Estudios de un sistema electro- Fenton basado en el acoplamiento de un lecho empacado de carbón activado y resinas para el tratamiento de aguas residuales. [Tesis de maestría, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica].

# OBTENCIÓN DE ESTRUCTURAS CARBONOSAS A PARTIR DE COCOS NUCIFERA PARA SU INCORPORACIÓN EN PELÍCULAS POLIMÉRICAS A BASE DE MUCÍLAGO DE NOPAL



*Aldair Zambrano Maldonado<sup>1</sup>, Giovanna Díaz Herrera\*<sup>1</sup>, Juan Manuel Padilla Flores<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Área de Tecnología, \*20193J101010@utcv.edu.mx  
Av. Universidad Carretera Federal Cuitláhuac-La Tinaja No. 350, Cuitláhuac, Veracruz 94910, México  
2021 UTCV*



## Resumen

En este trabajo se exponen las problemáticas que presentan las viviendas relacionadas con el alto porcentaje de humedad que se genera por el paso del tiempo y que hace que el recubrimiento sintético de pintura se deteriore. Se planteó la alternativa de la fabricación de un impermeabilizante natural para mejorar las condiciones internas de la vivienda evitando que sufran alteraciones de temperatura y humedad. Dicho impermeabilizante natural fue preparado a base de mucílago de nopal con una dispersión de partículas carbonosas. Como resultado se obtuvo un impermeabilizante natural capaz de resistir a la humedad y a temperaturas elevadas. Los resultados mostraron que la presencia de una película de mucilago frena la difusión de calor, además de que la incorporación de partículas de carbón en el mucilago inhibe la difusión de calor hacia el interior del sistema, presentando un máximo en el porcentaje de concentración del 10% de carbón.

**Palabras clave:** nopal, carbón, impermeabilizante, película polimérica, mucílago, *Cocos nucifera*.

## Antecedentes

Desde hace años atrás se ha venido trabajando con el mucílago del nopal debido a las propiedades que este tiene, es un polímero capaz de formar películas que tienen la propiedad de retener agua y de contener por mucho más tiempo los materiales humectantes. Los polisacáridos que componen el mucílago son sustancias hidrofílicas que se caracterizan por disolverse en agua fría. Además, contiene sales neutras de polisacáridos ácidos, unidas de diferente forma dentro de la misma molécula, las cuales se distinguen por contener ácido D- glucurónico. Algunas propiedades funcionales son: la gelificación, la capacidad de incrementar la viscosidad, la estabilización de suspensiones, la capacidad de formar emulsiones y de retener agua; dichas propiedades son susceptibles de afectarse al variar algún parámetro fisicoquímico a la composición de un sistema. A continuación, se observan algunos resultados de investigaciones previas los cuales servirán de apoyo para la realización de este proyecto.

Cai et al., (2017), realizan un estudio en cuanto a la extracción, purificación, y caracterización de los polisacáridos de *Opuntia milpa alta*, evalúan la combinación de tres factores; proporción de agua a materia en bruto, temperatura y tiempo de extracción, ellos emplean una metodología de superficie respuesta para maximizar el rendimiento de mucílago obtenido por la combinación de estos tres factores, concluyen que el máximo rendimiento se da a una temperatura de extracción de 86.1 °C, con un tiempo de 3.6 h y una proporción de agua de 3.72:1 encontrando efectos significativos de los factores en cuanto al rendimiento.

## Objetivo

Dispersar partículas carbonosas, obtenidas de *Cocos nucifera*, en películas poliméricas a base de mucílago de nopal.

## Desarrollo experimental

Se recolectaron 3 nopales (*Opuntia ficus-indica*) los cuales se lavaron y se pelaron para retirar las espinas. Por último, se cortaron en cuadros pequeños. Una vez cortados los nopales, se colocaron en una cubeta con 1 L de agua para dejarlos reposar entre 8 y 12 horas. Cuando transcurrió ese tiempo, los nopales se trituraron en la misma cubeta, posteriormente se coló la mezcla y se separó el líquido de los sólidos.



**Figura 1.** Colación de nopales y obtención de mucílago de nopal.

En otro recipiente se añadieron 35 g de cal viva y 24 g de sal, los cuales se mezclaron hasta formar una mezcla homogénea. En la nueva aleación se añadió la anterior que contenía el mucilago de nopal, y se combinaron ambas. Finalmente, el agregado se dejó reposar de nuevo entre 8 y 12 horas.



**Figura 2.** Mezcla de aleaciones de cal, sal y mucílago de nopal.

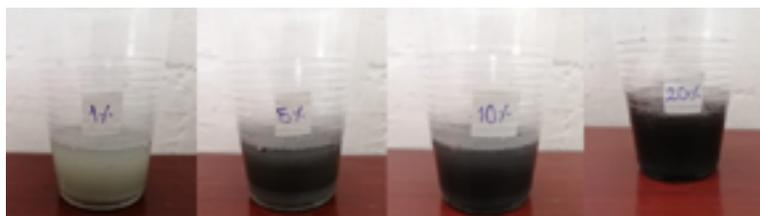
También se recolectaron cascaras de *Cocos nucifera*, las cuales se limpiaron retirando el mesocarpio, de manera que se logró trabajar con el endocarpio. Se pesaron dando un valor de 250 g. Una vez limpia la cáscara del coco se secaron en un horno a 90 °C durante 3 horas y media. En una olla o recipiente de metal se colocaron los 250 g de cáscara del coco, dicho recipiente se tapó procurando que la tapa tuviera agujeros o un dejando un espacio para que hubiera ventilación. Posteriormente la olla se colocó en lumbre durante 1 hora y 30 min. La ventilación permitió que se evaporaran el humo y los gases y que solo quedara el carbón. Cuando de la olla dejó de salir humo se sacó el carbón y una vez que este se enfrió, se lavó con agua fría para eliminar

cenizas y otros residuos. Cuando el carbón estuvo limpio se dejó secar a temperatura ambiente, después se colocó en un recipiente y se molió hasta obtener un polvo fino. El carbón en polvo se volvió a pesar para saber la cantidad de materia perdida, el peso fue de 66 g, finalmente, se dejó secar al aire libre durante 24 horas.



**Figura 3.** Molienda de carbón a base de *Cocos nucifera*.

Se realizaron 4 muestras para poder hacer pruebas, cada muestra contenía 50 mL de película polimérica de mucilago de nopal, así como también se les añadió carbón en polvo a base de coco; sin embargo, las 4 muestras tenían diferente porcentaje de carbón en polvo (1%, 5%, 10% y 20%) para poder analizar las propiedades de este mismo en diferentes cantidades.



**Figura 4.** Películas poliméricas con estructuras de carbono.

Se realizaron 6 placas de cemento de 10 cm por 10 cm de ambos lados y 1 cm de ancho. Para la mezcla se ocuparon 1 ½ kg de cemento y 650 mL de agua. 4 de estas fueron pintadas con las muestras de pintura que contienen diferentes porcentajes de coco, 1 con la muestra de pintura sin coco y la sexta que no fue pintada. Las placas se pintaron con 4 capas de 4 pasadas de pintura cada una.

Además, se fabricaron 6 prototipos con cajas de zapatos que sirvieron para colocar las placas de cemento en la parte superior simulando un techo, dichos prototipos tenían una entrada que es donde se colocó un termopar con el cual se tomó la temperatura interna y externa.



**Figura 5.** *Prototipo para medir temperatura externa e interna.*

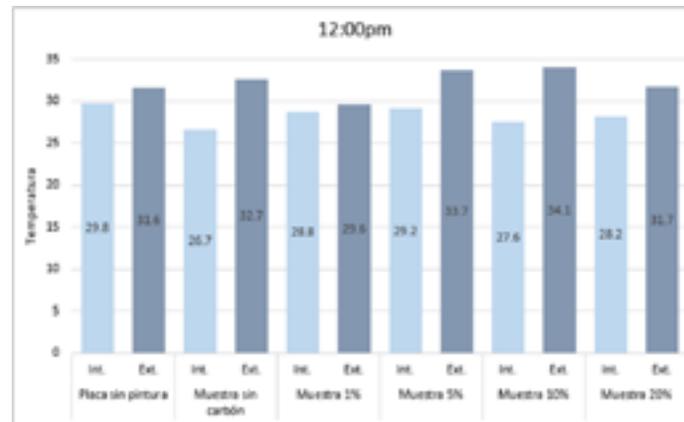
## Resultados y discusión

Se pusieron a prueba las muestras al pintarse en las placas y así comprobar sus propiedades térmicas. Con ayuda del termopar se tomó la temperatura interna (dentro del prototipo) y la temperatura externa (de la placa).

Se selecciono una hora en la que los cambios de temperatura fueron más notorios, dicha hora fue las 12:00pm, se realizó una gráfica que se observa en la Figura 6 que demuestra las variaciones de temperatura.

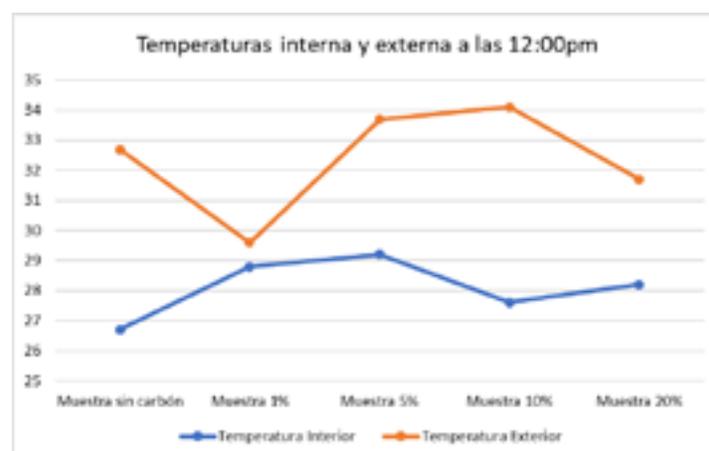
Se pudo observar que en las placas impregnadas de muestras con presencia de mucílago de nopal y carbón se aprecia una disminución de temperatura tanto interior como exterior en comparación con la placa que no estaba impregnada con ninguna muestra, dicho comportamiento se le atribuye al mucílago de nopal que al ser un polímero tiene características adiabáticas por lo que es un mal conductor de calor; de la misma manera que el carbón presenta propiedades térmicas y absorbentes.

Finalmente, al estar incorporadas las estructuras carbonosas en la película de mucilago de nopal se observa un ligero incremento en la difusión de calor del exterior hacia el interior del sistema para las muestras 1 y 20% de carbón con respecto a la muestra con mucílago, mientras que para las muestras al 5 y 10% de carbón presentan una ligera disminución de la difusión de calor igualmente con respecto a la muestra con mucílago.



**Figura 6.** Variación de temperaturas a las 12:00pm.

En la Figura 7 se observa las temperaturas internas y externas de las muestras a las 12:00pm. Puede analizarse que la muestra de mucílago de nopal sin carbón es la que menor temperatura interna tiene, seguida de la muestra con 10%. Con relación a la temperatura exterior se puede analizar que la muestra de mucílago de nopal tiene la temperatura más baja, esto se debe a que disipa el calor, mientras que la muestra del 10% mantiene el calor en la superficie impidiendo que este mismo penetre al interior.



**Figura 7.** Temperaturas interna y externa a las 12:00pm.

## Conclusiones

Las pruebas térmicas muestran que el polímero obtenido mediante el mucilago es un aislante térmico.

Los resultados experimentales muestran que la propiedad del mucilago como aislante térmico se ve afectada con la incorporación de nanopartículas de carbón.

## Agradecimientos

Los presentes participantes agradecen a la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, al programa de Nanotecnología Área Materiales y al asesor Juan Manuel Padilla Flores por darnos las bases para redactar este artículo y por brindarnos las instalaciones para su uso académico.



## Referencias

Cai, W.; Lu, X.; Tang, J. (2017). Extraction, purification and characterization of the polysaccharides Carbohydrate polymers. 176(15), 11-18.

# DETERMINACIÓN ESPECTROFOTOMÉTRICA DE CAPTOPRIL (R-SH) UTILIZANDO EL COMPLEJO COBRE(II)-NEOCUPROÍNA COMO REACTIVO CROMOGÉNICO



*Pablo Hernández Matamoros\*, Alma Luisa Revilla Vázquez, Víctor Jesús Vázquez Mejía*

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México*  
[pablohdez@unam.mx](mailto:pablohdez@unam.mx), [almarv@unam.mx](mailto:almarv@unam.mx)

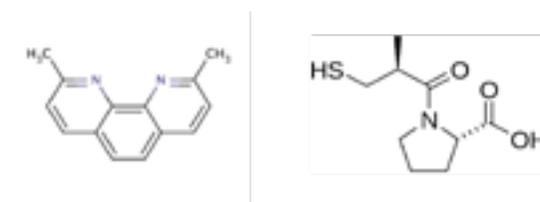


## Resumen

El complejo Cu(II)-neocuproína se ha utilizado durante muchos años como un complejo de transferencia de carga en la determinación espectrofotométrica de trazas de especies como la cisteína, glutatión, ácido ascórbico, captopril y acetil cisteína; el grupo funcional tiol (R-SH) es oxidado a su correspondiente disulfuro (R-S-S-R) y simultáneamente el complejo cúprico  $\text{Cu}(\text{Neo})_2^{+2}$  se reduce para dar lugar al complejo cuproso  $\text{Cu}(\text{Neo})_2^+$ , este último tiene un color amarillo intenso que absorbe en la región visible. En este trabajo se presentan los resultados para la determinación de captopril en dos medicamentos empleándose tanto una curva de calibración como una de adiciones patrón, estableciendo las condiciones experimentales, así como el intervalo de concentraciones a fin de asegurar un comportamiento lineal. Ambas muestras por los dos métodos de cuantificación evaluados presentaron un contenido superior al 95% con relación a lo indicado en el marbete.

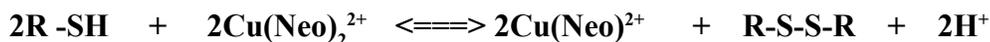
**Palabras clave:** Espectrofotometría, Captopril, Métodos indirectos, Complejo cobre-neocuproína.

El complejo Cu(II)-neocuproina se ha utilizado durante muchos años como un complejo de transferencia de carga en la determinación espectrofotométrica de trazas de agentes bioquímicos reductores. En la literatura se reporta el uso del complejo  $\text{Cu}(\text{Neo})_2^{2+}$  como reactivo en la determinación de especies como la cisteína, glutatión (Besada, Tadros y Gawargious, 1989), ácido ascórbico (Apak, et ál., 2005), captopril (Gouda y Amin, 2010) y acetyl cisteína (Besada, Tadros y Gawargious, 1989) por mencionar algunas. La figura 1 muestra las estructuras de la neo-cuproina y captopril



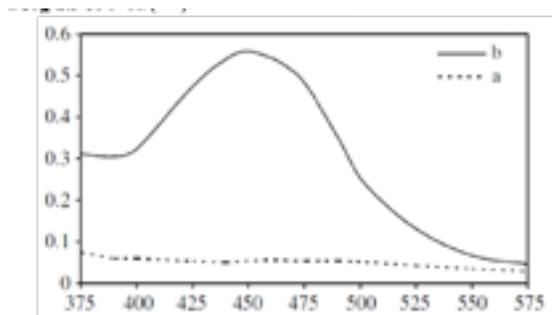
**Figura 1.** Estructuras de A) Neo-cuproina y B) Captopril

La determinación mediante la espectrofotometría VISIBLE es posible cuando se realiza la reacción de reducción del complejo Cu(II)-Neo a Cu(I)-Neo y simultáneamente la oxidación del analito de interés. El esquema de la reacción REDOX es el siguiente:



De acuerdo con la reacción anterior (Ec. 1), el grupo funcional tiol (R-SH) de la molécula de Captopril es oxidado a su correspondiente disulfuro (R-S-S-R), simultáneamente el complejo cúprico  $\text{Cu}(\text{Neo})_2^{2+}$  se reduce para dar lugar al complejo cuproso, este último tiene un color amarillo intenso que absorbe en la región visible (figura 2).

La figura 2 muestra que la absorción por parte del complejo (a)  $\text{Cu}(\text{Neo})_2^{2+}$  es despreciable en comparación con el espectro del complejo cuproso (b), este último tiene una longitud de onda de máxima absorción de 455 nanómetros y un coeficiente de absorptividad molar de  $8,070 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ . Este coeficiente de absorptividad permite desarrollar métodos indirectos de cuantificación de moléculas que contengan en su estructura grupos tiol o mercaptano (R-SH) (como es el caso del captopril, en bajas concentraciones, con buena sensibilidad y linealidad).



**Figura 2.** Espectros de absorción de los complejos: a)  $[Cu(Neo)_2^{2+}] = 0.001M$  cúprico y b)  $[Cu(Neo)_2^+]$  = 0.00008M cuproso [2]

La tarea principal de este trabajo es implementar el método de cuantificación indirecto, en particular de captopril, pero que se puede extender a muchas otras especies como mercaptanos (*R-SH*), el ácido ascórbico, algunas vitaminas, etc.

## Objetivo General

Implementar un método espectrofotométrico indirecto mediante la utilización del complejo  $(Cu(Neo)_2)^{2+}$  como reactivo en la cuantificación de captopril en tabletas comerciales, empleando los métodos de curva de calibración y curva de adiciones patrón con fines de comparación.

## Parte experimental

Tabla 1. Información del marbete y peso de las tabletas analizadas

	Marca 1	Marca 2
<b>Marbete (mg Captopril/tableta)</b>	25	25
<b>*Peso promedio/tableta (g)</b>	0.0893	0.1491
<b>*Desv. Estándar</b>	0.00115	0.00124
<b>Coefficiente de Variación</b>	1.30%	0.84%

\* Información de peso promedio por tableta  $n=10$

Tabla 2. Descripción de equipo y soluciones utilizadas

Soluciones preparadas	Equipo
<p>[Captopril]<sub>stock</sub> = 50 mg/L para CC y 30 mg/L para CAP</p> <p>[Cu<sup>2+</sup>] = 0.01 M</p> <p>[Neo-Cuproina] = 0.01 M</p> <p>Solución Buffer [Ácido Acético / Acetato] = 1 M y pH = 4.76</p>	<p>Espectrofotómetro THERMO Scientific Genesys 20</p> <p>2 celdas redondas de vidrio de 1 cm</p>

### Preparación de las muestras:



Figura 3. Pasos realizados para la preparación de las muestras (tabletas comerciales)

1. Triturar 10 tabletas hasta dejar un polvo muy fino.
2. Pesar la cantidad de polvo necesario para obtener una solución de aproximadamente de 130-150 mg/L (Tabla 1). Este paso se realiza por triplicado.
3. Disolver la muestra con buffer (Tabla 2), agitar por espacio de 15 minutos, al final filtrar y lavar cuidadosamente para recuperar todo el principio activo.
4. Llevar al aforo y realizar la dilución correspondiente (1/10) para utilizarla en la Curva de Calibración y/o
5. Hacer una dilución 6:10 y preparar los sistemas de la curva de adición patrón

Con las soluciones preparadas mezclar los volúmenes indicados en las Tablas 3 y 4 para la preparación de los sistemas relacionados con los métodos de cuantificación a evaluar.

*Tabla 3. Volúmenes de soluciones una Curva de Calibración Indirecta (CCI)*

<b>Solución/Sistema</b>	<b>Blanco</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>prob</b>
<b>Captopril stock (mL)</b>	-	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	-
<b>Captopril problema</b>	-	-	-	-	-	-	-	1
<b>Cu<sup>2+</sup> (mL)</b>	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
<b>Neo-cuproina (mL)</b>	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
<b>Buffer (mL)</b>	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
<b>Volumen aforo (mL)</b>	10	10	10	10	10	10	10	10

*Tabla 4. Volúmenes de soluciones para una Curva de Adiciones Patrón Indirecta (CAP)*

<b>Solución/Sistema</b>	<b>Blanco</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Captopril stock (mL)	0	0	1.0	2.0	3.0	4.0
Captopril problema	0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Cu <sup>2+</sup> (mL)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Neo-cuproina (mL)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
Buffer (mL)	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
Volumen aforo (mL)	10	10	10	10	10	10

Se realiza el espectro de absorción con el sistema 6 de la CCI (Tabla 3), para determinar la longitud de onda óptima de trabajo y a continuación leer todos los sistemas, comenzando del sistema 1 una vez enjuagada la celda respectiva.

## Resultados y discusión

Se realizó el espectro de Absorción Visible en un equipo THERMO Scientific Genesys 20 con celdas de vidrio 1 cm, en el intervalo de longitudes de onda de 360 - 600nm con incrementos de 5 nanómetros, previo ajuste con el blanco correspondiente.

La figura 4 muestra que el espectro de absorción molecular del complejo  $[\text{Cu}(\text{Neo})_2]^+$  donde se observa que la longitud de onda de absorción máxima es de 455 nanómetros, que corresponde al reportado en la literatura; el complejo es de color amarillo y el color se desarrolla en tiempo corto, aproximadamente 60 s.

A las condiciones experimentales ( $\text{pH} = 5.0$  y  $\text{pAc}' = 0.5$ ) se tiene que la reacción (1) propuesta entre el Captopril ( $R - SH$ ) y el complejo cúprico  $[\text{Cu}(\text{Neo})_2]^{2+}$  se lleva a cabo con facilidad.

Es posible proponer una metodología analítica para determinar Captopril mediante una curva de calibración y/o curva de adiciones patrón. indirecta al medir la absorbancia del complejo  $[\text{Cu}(\text{Neo})_2]^+$

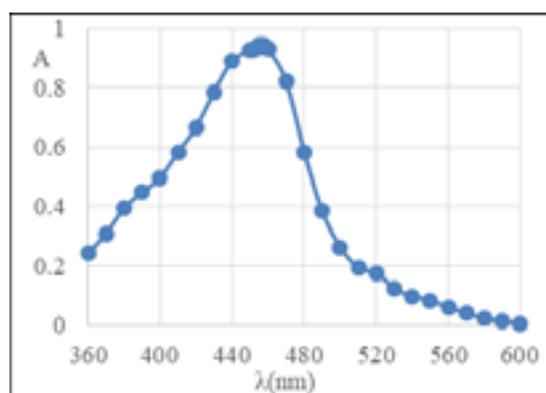


Figura 4. Espectro de absorción

### Curva Calibración Indirecta

La curva patrón se elaboró por triplicado, se obtiene el modelo linealidad y los parámetros estadísticos de la regresión lineal (figura 5).

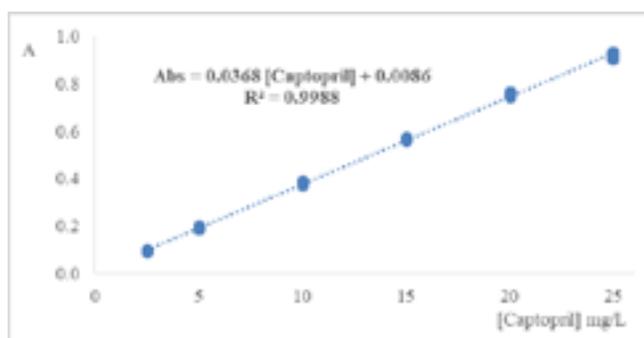


Figura 5. Curva de calibración indirecta para la determinación de Captopril a 455 nm

De la Figura 5 se observa un comportamiento lineal, porque el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es superior a 0.98 y una ordenada (b) cercana a cero; lo que permite demostrar la relación matemática entre la absorbancia vs la concentración del analito y por lo tanto, el cumplimiento de la ley de Lambert-Beer en el intervalo de concentraciones de 2.5-25 mg de captopril/L.

Con la recta de la curva de calibración, se determina la concentración de las muestras problema mediante la interpolación, se realizar una dilución apropiada de la solución problema para que la concentración esté dentro del intervalo de concentraciones da la curva de calibración planteada. Se realizan los cálculos correspondientes para determinar los miligramos de Captopril por tableta. La tabla 5 contiene los resultados para las muestras, así como el peso de polvo de tableta (g muestra) empleado para cada réplica.

*Tabla 5. Resultados de la cuantificación (CC) de las muestras farmacéuticas comerciales*

Replica	Marca 1				Marca 2			
	<i>g muestra</i>	<i>Abs<sub>prob</sub></i>	<i>Captopril mg/L</i>	<i>Captopril mg/tableta</i>	<i>g muestra</i>	<i>Abs<sub>prob</sub></i>	<i>Captopril mg/L</i>	<i>Captopril mg/tableta</i>
1	0.0538	0.549	14.68	24.38	0.0902	0.527	14.08	23.27
2	0.0537	0.519	13.87	23.07	0.0898	0.560	14.98	24.87
3	0.0536	0.548	14.66	24.42	0.0896	0.545	14.57	24.24
			<b>X<sub>promedio</sub></b>	<b>23.96</b>			<b>X<sub>promedio</sub></b>	<b>24.13</b>
			<b>S</b>	<b>0.77</b>			<b>S</b>	<b>0.80</b>
			<b>C.V</b>	<b>3.21</b>			<b>C.V</b>	<b>3.31</b>

*La Tabla 5 muestra que el coeficiente de variación es superior al 3% que parece un poco alto, pero es aceptable para una propuesta de práctica para los estudiantes*

### Curva de Adiciones Patrón o Estándar

La CAP usa la réplica 2 de la marca 1 (peso de muestra 0.0537g llevados a un aforo de 100 mL, dilución previa de (6/10) para preparar los sistemas. Los resultados son presentados en la figura 6 y la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados de la CAP

[Captopril] <sub>estándar</sub> mol/L	Abs
0.000E-5	0.337
1.381E-05	0.452
2.761E-05	0.565
4.142E-05	0.677
5.523E-05	0.787

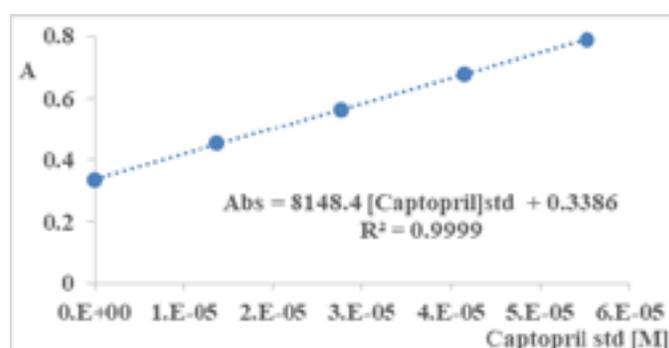


Figura 6. Curva de Adiciones Estándar Indirecta para determinar captopril, @ 455 nm

Como ejemplo de cálculo la CAP se procede de la siguiente manera:

$$\text{Abs} = 8148.4 [\text{Captopril}] + 0.3386 ; [\text{Captopril}] = 0.3386 / 8148.4 = 4.155 \times 10^{-5} \text{ M}$$

Considerando las diluciones 10/1 y 10/6, el peso de muestra 0.0537 y el promedio de las tabletas de la marca 1. El resultado de presenta a continuación.

$$\text{mg} \frac{\text{Captopril}}{\text{tableta}} = \left( \frac{4.155 \times 10^{-5} \text{ mol Cap}}{\text{L}} \right) \cdot \frac{0.010 \text{ L}}{.001 \text{ L}} \cdot \frac{.010 \text{ L}}{.006 \text{ L}} \cdot 0.100 \text{ L} \cdot \frac{217.28 \text{ g captopril}}{1 \text{ mol Cap}} \cdot \frac{89.3 \text{ mg}}{53.7 \text{ g mta}} = 25.02 \text{ mg} \frac{\text{Captopril}}{\text{Tableta}}$$

El procedimiento se repite para cada una de las curvas de adiciones estándar, la ventaja principal de este tipo de método es la compensación de los efectos de la matriz en el análisis. La Tabla 7 contiene los resultados de esta parte experimental.

Tabla 7. Resultados de la cuantificación (CAP) de las muestras farmacéuticas comerciales

Replica	Marca 1	Marca 2		Captopril mg/tableta
	<i>g muestra</i>	<i>Captopril mg/tableta</i>	<i>g muestra</i>	
1	0.0538	23.94	0.0902	24.39
2	0.0537	25.02	0.0898	23.74
3	0.0536	23.53	0.0896	23.27
	<b>X<sub>promedio</sub></b>	<b>24.16</b>	<b>X<sub>promedio</sub></b>	<b>23.80</b>
	<b>S</b>	<b>0.76</b>	<b>S</b>	<b>0.56</b>
	<b>C.V</b>	<b>3.18</b>	<b>C.V</b>	<b>2.36</b>

Finalmente se realiza el comparativo de ambas metodologías con respecto al marbete (Tabla 8).

Tabla 8. Contenido de las tabletas vs marbete (25 mg Capt/tableta)

Laboratorio	Curva de Calibración		Curva de Adiciones Patrón	
	mg Capt/tableta	%Contenido	mg Cap/tableta	%Contenido
<b>Marca 1</b>	23.96	95.84	24.16	96.64
<b>Marca 2</b>	24.13	96.52	23.80	95.20

Los contenidos con respecto al marbete son %C > 95%, lo que permite sean aceptadas para su venta de acuerdo con la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos (FEUM).

## Conclusiones

Se implementaron dos métodos espectrofotométricos indirectos (C.C y CAP) mediante el complejo  $\text{Cu}(\text{Neo})_2^{2+}$  en la determinación de Captopril en muestra comerciales.

Se demostró que las condiciones experimentales favorecen la formación del complejo,

el cual posee una longitud de onda óptima de 455 nm y un coeficiente de absorptividad molar de 8070 M<sup>-1</sup> cm<sup>-1</sup>, que favorece la sensibilidad en la determinación del Captopril. La curva de calibración y de adición patrón presentaron linealidad en el intervalo de concentraciones de trabajo y los porcentajes de contenido son mayores del 95% en las muestras analizadas.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNAM DGAPA el apoyo financiero al proyecto PAPIME PE208921 y a la FES-C al proyecto interno PIAPI2042.



### Referencias

Apak, R., et all. (2005). Spectrophotometric determination of ascorbic acid using copper(II)–neocuproine reagent in beverages and pharmaceuticals. *Talanta*, 65 (2005), 1226-1232. doi:10.1016/j.talanta.2004.08.048

Besada, A., Tadros, N. B. y Gawargious, Y.A. (1989). Copper(II)-neocuproine as colour reagent for some biologically active thiols: Spectrophotometric determination of cysteine, penicillamine, glutathione, and 6-mercaptopurine. *Microchimica Acta*, 99 (1989), 143-146.

Gouda, A.A y Amin, A.S. (2010). Copper(II)-neocuproine reagent for spectrophotometric determination of captopril in pure form and pharmaceutical formulations. *Arabian Journal of Chemistry*, 3 (3), 159-165. doi:10.1016/j.arabjc.2010.04.004

# DETERMINACIÓN DE MERCURIO COMO IMPUREZA EN MATERIA PRIMA. PROPUESTA PARA LA ACTUALIZACIÓN DEL MÉTODO GENERAL DE ANÁLISIS A LA FEUM



*Luis Arturo Caballero Montesinos, Alma Luisa Revilla Vázquez\*,  
Pablo Hernández Matamoros*

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, [almarv@unam.mx](mailto:almarv@unam.mx), [pablohdez@unam.mx](mailto:pablohdez@unam.mx), [cgoarturo1@gmail.com](mailto:cgoarturo1@gmail.com)*



## Resumen

La Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos (FEUM) es el documento expedido por la Secretaría de Salud que consigna los métodos generales de análisis y los requisitos sobre identidad, pureza y calidad de los medicamentos, fármacos, aditivos, materias primas, medicamentos, productos biológicos y biotecnológicos, y es un documento de seguimiento oficial al ser una norma oficial mexicana. Es importante su actualización continua a fin de incluir los avances tecnológicos, además, de contemplar el cuidado del medio ambiente, metodologías sencillas, rápidas y accesibles, armonizando con las demás farmacopeas tales como la USP o la farmacopea europea. En este trabajo se plantea la optimización del método MGA 0551. Prueba límite de mercurio a fin de disminuir los volúmenes de disolventes y residuos químicos y a la vez fundamentar las condiciones de análisis a fin de que la comunidad que emplea este método tenga claro dicho fundamento y visualice la selectividad de la metodología propuesta.

**Palabras clave:** ditizona, mercurio, quelometría, impureza, medicamento

## Antecedentes

La Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos (FEUM, 2018) es el documento expedido por la Secretaría de Salud que consigna los métodos generales de análisis y los requisitos sobre identidad, pureza y calidad de los medicamentos, fármacos, aditivos, materias primas, medicamentos, productos biológicos y biotecnológicos, y es un documento de seguimiento oficial al ser una norma oficial mexicana. Los fabricantes de medicamentos, aparte de cumplir determinadas disposiciones legales, deben de emitir un certificado correspondiente firmado por el responsable sanitario para corroborar que la calidad de los fármacos que producen cumple con las especificaciones establecidas en la edición vigente de la FEUM, actualmente la duodécima edición (FEUM, 2018) y sus suplementos (2019 y 2020) respectivamente.

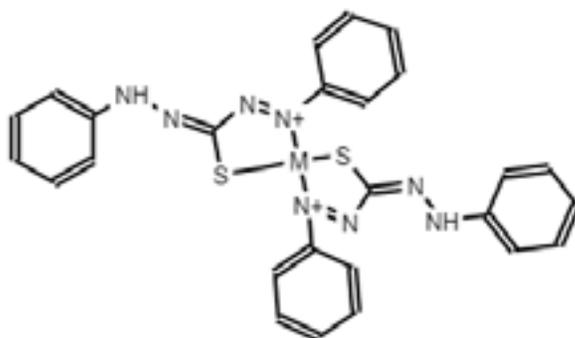
La FEUM en los capítulos de materias primas, fármacos y preparados farmacéuticos contempla para la determinación de mercurio como impureza. Dentro del capítulo de Métodos Generales de Análisis (tomo I), se incluye el MGA 0551. PRUEBA LÍMITE DE MERCURIO. El método I (quelometría) se basa en la reacción de quelación entre el mercurio contenido como impureza en un medicamento o materia prima y una solución valorada de ditizona, formando ditizonato de mercurio como producto de la reacción, mientras que el método II se plantea por espectrofotometría de absorción atómica por generación del hidruro (FEUM, 2018).

El mercurio es un elemento químico considerado como metal pesado el cual a temperatura ambiente es un metal líquido plateado, es soluble sólo en soluciones oxidantes, sin embargo, las sales de mercurio son muy solubles en agua y normalmente se encuentran disociadas. El mercurio puede ser encontrado en el medio ambiente en forma de metal, sales de mercurio o como mercurio orgánico.

El mercurio es tóxico para el ser humano aún en pequeñas cantidades ya que puede causar daño al sistema nervioso, a las funciones del cerebro, al ADN y cromosomas, reacciones alérgicas, irritación de la piel, cansancio, y dolor de cabeza y efectos negativos en la reproducción, defectos de nacimientos y abortos, (Lenntech, 1999). Por lo que es importante realizar análisis en muestras como agua, alimentos y en este caso materias primas, fármacos.

La ditizona es un reactivo analítico insoluble en soluciones acuosas a pH menores de 7, contiene grupos azo y tiol (fig. 1) por lo que forma complejos estables con iones metálicos, por lo que se usa en métodos quelantes de extracción líquido-líquido. La

ditizona disuelta en un disolvente orgánico (cloroformo o tetracloruro de carbono) reacciona al contacto con diversos metales, proporciona coloración a la solución, el color de esta depende del metal con el que reaccione, esta particularidad es aprovechada para la determinación de mercurio, dado que el ditizonato de mercurio  $Hg(Dz)_2$ , presenta coloración naranja. Sin embargo, tiene la desventaja de reaccionar hacia diferentes iones metálicos, pero a partir de la modificación de pH se ha apreciado que varios metales no interfieren en la detección en la espectroscopia de estudio con mercurio.



**Figura 1.** Esquema de la quelación de ditizona con metales pesados:  $M = Hg, Pb, etc.$

Mediante la recepción de consulta a usuarios, en el comité de métodos generales de análisis se ha detectado la inquietud acerca de si el método I es realmente adecuado para la determinación de mercurio, debido a que la ditizona es un agente quelante que puede reaccionar con otros metales, y puede no ser selectiva a este elemento y, por otro lado, revisando el método se considera que no es realmente necesario la preparación de las cantidades ahí mencionadas de soluciones, las cuales se consideran excesivas debido a los remanentes.

En este trabajo, se realiza el estudio teórico de la quelación y extracción de mercurio con ditizona planteada en el método I, a fin de que sirva de fundamento al método publicado y por otra parte, se realiza una propuesta para reducir la cantidad de las soluciones a preparar para la determinación, así como el empleo de una comparación simple de una solución de referencia y una solución de la muestra, en lugar de una valoración.

## Objetivos

Explicar mediante el estudio teórico que la determinación de mercurio con ditizona planteada en la FEUM es selectiva a las condiciones establecidas a fin de tener el soporte para las consultas relacionadas.

Proponer un procedimiento más ecológico en cuanto a los volúmenes y metodología a realizar para la prueba límite de mercurio que haga más sustentable la misma en los laboratorios donde se realice.

## Parte Experimental

**Ácido sulfúrico 1N:** 7 mL de  $H_2SO_4$  concentrado se aforan a 250 mL con agua desionizada (pH=0.30).

**Solución de Hg(II):** se pesaron 0.014 g de  $HgCl_2$  RA (Merck, 99.5%) y aforan a 10 mL con  $H_2SO_4$  1N, de aquí se tomó 1 mL y se aforó a 50 mL con  $H_2SO_4$  1N. Concentración de Hg(II): 0.0206 mg/mL (solución de referencia)

**Solución de Ditizona:** se pesan 10 mg de Ditizona RA (Merck, 99%) y afora a 25 mL con cloroformo. De aquí se tomó 1 mL y se aforó a 25 mL de cloroformo. Concentración de Ditizona: 0.016 mg/mL (solución valorante)

**Solución de hidroxilamina:** se pesaron 2.031g y se diluyeron en 10 mL de agua.

## Metodología Farmacopeica

La valoración se realiza colocando en el embudo de separación 1mL de la solución de mercurio, 100 mL de ácido sulfúrico, 10 mL de hidroxilamina. 90 mL agua desionizada y 1 mL de solución de ácido acético glacial. En la bureta se colocan 10 mL de la solución de ditizona y se realiza la valoración. Realizar una agitación vigorosa a cada adición de titulante y dejar reposar para observar el color naranja del  $Hg(Dz)_2$  en la fase orgánica, desechar esta fase orgánica y continuar la valoración. El fin de valoración se presenta cuando la fase clorofórmica se mantiene de color verde, indicando que el Hg(II) se ha extraído totalmente de la fase acuosa.

Tabla 1. Constantes de equilibrio utilizadas en la elaboración de los diagramas (Ringbom, 1979)

Ditizona=HDz	*Log D	pKa		*medio cloroformo
	HDz 5.7	HDz 4.5		
Hidroxo complejos				Mn <sup>+</sup> + n Dz <sup>-</sup> ⇌ M(Dz) <sub>n</sub> (cloroformo)
M <sup>n+</sup>	Log β <sub>1</sub>	Log β <sub>2</sub>	Log β <sub>3</sub>	Log K extracción
Hg(II)	10.3	21.7	x	43.8
Pb(II)	6.2	10.3	13.3	20.4
Fe(II)	4.5	x	x	15.4

## Resultados y discusión

### Selectividad de la determinación de Hg con ditizona

Orozco G. (2010) en su trabajo “determinación de mercurio en formulaciones farmacéuticas utilizando un sistema de flujo continuo y ditizona en medio micelar”, muestra que los metales como el cadmio y plomo presentan señales a pH de 3, 7 y 11, mientras a pH de 0, el mercurio presenta una mayor señal aun cuando a menor concentración (figura 2).

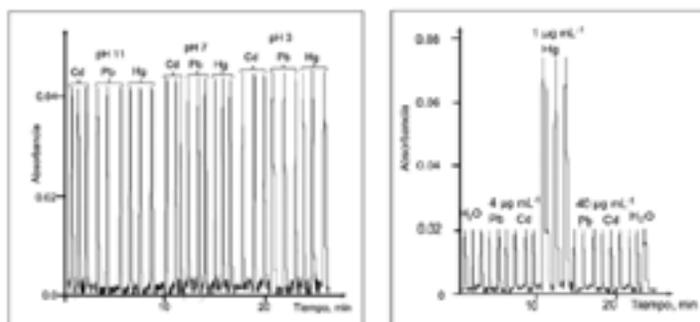
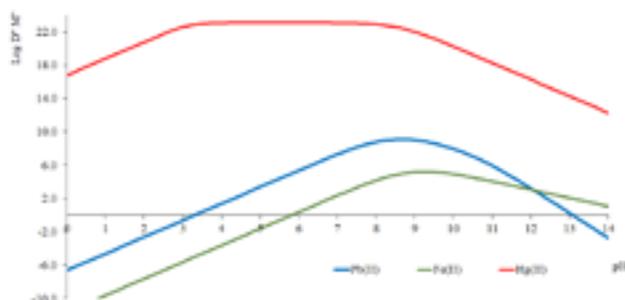
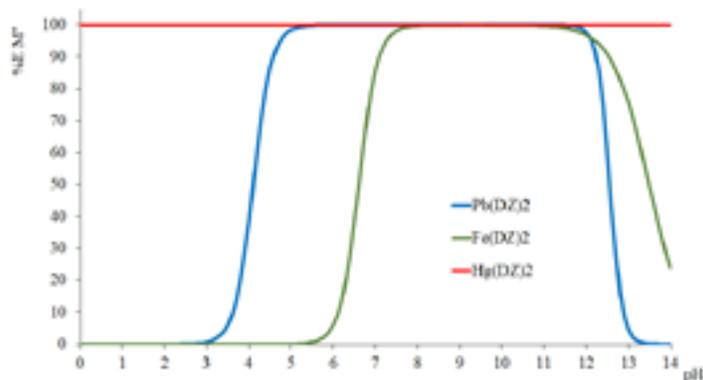


Figura 2. Señales FIA obtenidos para Cd(II), Hg(II) y Pb(II), izquierda: pH de 3, 7 y 11; derecha: pH de 0. Tomado de Orozco G. (2010).

**Figura 3.** Diagrama Log  $D'$  para los ditizonatos de Hg(II), Pb(II) y Fe(II) en cloroformo. Elaboración propia, con los datos reportados en Ringbom.



Empleando las constantes de extracción, complejación y solubilidades reportadas para los metales que están indicados como impurezas a determinar en la materia prima de sulfato y fumarato ferroso, se realizaron los diagramas de extracción (figura 3) y diagramas de recuperación (figura 4) respectivos, utilizando una relación de volúmenes 192:5.



**Figura 4.** Porcentaje de recuperación (extracción) en función del pH para los ditizonatos de Pb(II), Fe(II) y Hg(II) en cloroformo. Elaboración propia, con los datos reportados en Ringbom.

Como se observa en la figura 4, la extracción de mercurio se puede realizar de manera selectiva desde pH cero hasta 3.0 sin interferencia de alguno de los otros metales, lamentablemente no hay datos reportados para Arsénico, el otro metal considerado dentro de las posibles impurezas en las materias primas relacionadas a esta prueba.

Además, la extracción de Fe(II) componente principal de la materia prima, comienza a ser significativa a pH's superiores de 6.0, por lo que el control del pH es suficiente para asegurar la selectividad de la extracción del mercurio, aun cuando la relación de volúmenes es realmente alta (192ml fase acuosa vs. 5 ml de fase orgánica).

La figura 5 muestra lo que se observa al realizar el procedimiento farmacopeico, con 1ml de la solución de referencia de mercurio, donde se observa la formación del ditizonato de mercurio, que presenta un color naranja; el volumen al punto de equivalencia obtenido fue de 4.75 mL

Se realizó el mismo procedimiento utilizando como muestra 1 mL agua desionizada (sistema blanco), y como se observa en la figura 6, solamente se observa el color verde característico de la ditizona, debido a que no se forma ningún quelato.



**Figura 5.** Valoración de la solución referencia de mercurio. **Figura 6.** Valoración "blanco" (agua desionizada)

### Optimización de la metodología farmacopeica: PROPUESTA

De acuerdo con el método farmacopeico se deben usar más de 2 litros de cloroformo para la preparación de las soluciones a emplear, siendo volúmenes excesivos e innecesarios, que no se utilizan en su totalidad para la determinación planteada. Siendo que el uso de una balanza analítica es factible en la mayoría de los laboratorios de control de calidad, y a la existencia de diverso material de vidrio volumétrico es viable disminuir tanto la masa a pesar de los reactivos como los volúmenes de las soluciones a preparar, sin afectar la exactitud o reproducibilidad.

En el método MGA 0551. PRUEBA LÍMITE DE MERCURIO se plantea:

1) Preparar una **solución concentrada de ditizona** (40 mg de ditizona en 1000mL de cloroformo) y hacer una dilución de 30ml en 100ml de cloroformo para la **solución titulante de ditizona** de concentración de 12mg/L.

Es viable proponer pesar 12mg de ditizona y disolver en 200ml (60mg/L) para la **solución concentrada de ditizona (SCDP)** y hacer una dilución de esta de 5ml en 25ml de cloroformo, obteniéndose los 12mg/L para la **solución titulante de ditizona**, y el ahorro en cloroformo sería de 875ml teniendo menos residuos y volúmenes más manejables.

2) Preparar una **solución de extracción de ditizona** (30 mg de ditizona en 1000 mL de cloroformo y agregar 5 mL de alcohol).

Esta solución podría fácilmente prepararse a partir de la solución concentrada de ditizona, haciendo una dilución de la *SCDP*, propuesta mencionada, (por ejemplo, 25ml en 50ml de cloroformo) previamente preparada y realizar el procedimiento que se menciona: “conservar esta solución en refrigeración. Antes de su uso, agitar un volumen adecuado de esta solución con aproximadamente la mitad de su volumen de solución de ácido nítrico al 1 %; descartar el ácido nítrico” y preparar como se indica la **solución diluida de extracción de ditizona**: “justo antes de su uso, diluir 5 mL de la solución de extracción de ditizona con 25 mL de cloroformo”.

Esto evitaría el tener que preparar los 1000ml de la **solución de extracción de ditizona (30mg/1000ml)** y permitiría preparar las siguientes soluciones mencionadas fácilmente.

3) **Solución concentrada de mercurio.** Transferir 67.7 mg de cloruro mercúrico, exactamente pesados, a un matraz volumétrico de 50 mL, disolver y llevar al aforo con solución de ácido sulfúrico 1 N. Cada mililitro de esta solución contiene el equivalente a 1mg de mercurio. **Solución de mercurio para valorar la solución titulante de ditizona.** Transferir 2 mL de la solución concentrada de mercurio a un matraz volumétrico de 100 mL, llevar al aforo con solución de ácido sulfúrico 1 N y mezclar. Cada mililitro de esta solución contiene el equivalente a 20 µg de mercurio.

Es factible pesar 27.1mg de cloruro mercúrico, disolver y aforar a 20 mL con solución de ácido sulfúrico 1 N, quedando 1mg de mercurio por mililitro. Y después realizar la dilución de 1ml en 50ml con solución de ácido sulfúrico 1 N. Obteniendo la misma concentración de 20 µg de mercurio por mililitro necesaria para la **solución de mercurio para valorar la solución titulante de ditizona**.

4) **Solución de referencia de mercurio.** El día de su uso, diluir cuantitativamente

1.0 mL de la solución concentrada de mercurio con solución de ácido sulfúrico 1 N a 1 000 mL; cada mililitro de esta solución contiene el equivalente a 1  $\mu\text{g}$  de mercurio. Esta solución se podría preparar a partir de la dilución de la **solución de mercurio para valorar la solución titulante de ditizona** que contiene 20  $\mu\text{g}$  de mercurio por mililitro, transfiriendo 5.0mL de ésta y aforando con solución de ácido sulfúrico 1 N a 50 mL, obteniéndose la concentración requerida de 1  $\mu\text{g}$  de mercurio por mililitro.

### Conclusiones

Las condiciones experimentales planteadas en el MGA 0551, justifican la selectividad de la extracción de mercurio aún ante la presencia de otros metales (principio activo o impurezas) tal y como se comprueba con artículos publicados y con los diagramas de extracción y recuperación realizados con las constantes reportadas.

La metodología farmacopeica que data de 1982, debe de ser actualizada a fin de disminuir la preparación de volúmenes innecesarios para el análisis y disminuir la generación de residuos químicos peligrosos al medio ambiente, siendo viable la modificación del procedimiento planteado.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNAM DGAPA el apoyo financiero al proyecto PAPIME PE208921 y a la FES-C al proyecto interno PIAPI2042.



## Referencias

Candia M. (2016). Diseño, construcción y evaluación de un método para la determinación de plomo (II) y Mercurio (II) en solución, AREQUIPA-2016. Perú: Universidad Católica de Santa María.

Falfán E. Cinética de Isomerización de Ditizonato de Mercurio (II). Octubre 16, 2021, de Universidad Nacional Autónoma de México Sitio web: [https://www.academia.edu/37405647/Cin%C3%A9tica\\_de\\_isomerizaci%C3%B3n\\_del\\_ditizonato\\_de\\_mercurio\\_II](https://www.academia.edu/37405647/Cin%C3%A9tica_de_isomerizaci%C3%B3n_del_ditizonato_de_mercurio_II)

Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos, FEUM (2018) 12 ed. Secretaría de Salud, Comisión permanente de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos.

Lenntech. (1999). Propiedades químicas del Mercurio- Efectos del Mercurio sobre la salud - Efectos ambientales del Mercurio. Octubre 16, 2021, de Lenntech Sitio web: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/hg.htm>

Orozco G., José Manuel; Cañizares Macías, del Pilar M. (enero-marzo 2010). Determinación de mercurio en formulaciones farmacéuticas utilizando un sistema de flujo continuo y ditizona en medio micelar. Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas, vol. 41, pp. 37-43.

Ringbom, A. (1979). Formación de complejos en química analítica. España: Alhambra.

# ELABORACIÓN DE UN GEL ANTISÉPTICO A BASE DE ÓXIDO DE SILICIO, ÁCIDO HIALURÓNICO Y HETEROTHECA INULOIDES PARA SU POSIBLE USO EN TRATAMIENTOS DE HERIDAS Y HEMATOMAS



Jorge Alejandro Prado Pitol\*<sup>1</sup>, Nazareth Yazuri Chaidez Altamirano<sup>1</sup> Dulce Valeria Velásquez Caceres<sup>1</sup> Vicente Rodríguez González<sup>2</sup>, Juan Manuel Padilla Flores<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, [20193j101030@utcv.edu.mx](mailto:20193j101030@utcv.edu.mx)

<sup>2</sup>División de Materiales Avanzados, IPICYT, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica



## Resumen

El presente trabajo tiene como finalidad elaborar un gel antiséptico que pueda ser utilizado como coadyuvante en el tratamiento de heridas y hematomas. El gel antiséptico está constituido de ácido hialurónico y extracto de *Heterotheca* inuloides adsorbido en nanopartículas de óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) las cuales actúan como agente liberador. Se confirmó la presencia de nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  mediante un espectrofotómetro UV-Visible, con una absorbancia a una longitud de onda de 350 nm. Para la obtención del gel antiséptico se disolvió carbopol en alcohol y se agito hasta estar completamente disperso. Se encontró que tanto las nanopartículas por sí mismas, como en conjunción del ácido hialurónico y el extracto de *Heterotheca inuloides* presentan actividad antimicrobiana, aunque las primeras menor actividad. Se concluyó además que la solución de nanopartículas de  $\text{SiO}_2$ , extracto de *Heterotheca inuloides* y el ácido hialurónico muestran tienen una actividad microbiana en relación con su concentración.

**Palabras clave:** nanopartículas, árnica, ácido hialurónico, hematoma, quemadura, antiséptico

## Antecedentes

- *Heterotheca inuloides*

La *heterotheca inuloides* es una planta herbácea, conocida como árnica mexicana, es una planta vellosa, perenne, de 25 a 60 cm de altura, que tiene hojas alternas cubiertas de vellos en forma de lanzas y con el borde dentado de 10 a 12cm. Sus flores se agrupan en cabezuelas de color amarillo muy vistoso en forma de disco, es de olor débil y sabor amargo. Esta planta florece en agosto y septiembre y es nativa de México distribuida en regiones templadas (Rubio, 2019). El uso de la *heterotheca inuloides* como árnica traspasa fronteras, según un estudio del CTFC (Centro Tecnológico Forestal de Cataluña) el 80% de proveedores de árnica para productos cosméticos y de salud lo hacen utilizando la *heterotheca inuloides*, mucho más barata y asequible (Leticia, 2018). Se ha utilizado por su actividad antiinflamatoria, además, esta planta tiene otros usos, como el tratamiento del reumatismo, enfermedades gastrointestinales, y es indicada para dolores e hinchazón asociados a contusiones y esguinces, además de picaduras de insectos, artritis, dolores de cartílagos, labios agrietados y piel con acné.

- *Ácido hialurónico*

El ácido hialurónico es un polímero natural formado por la unión de varias unidades de azúcares (concretamente, de ácido glucurónico y N-acetilglucosamina). El ácido hialurónico es un compuesto abundante en la piel y las mucosas, donde desempeña un papel importante en la cicatrización de las heridas. Además, participa en varias etapas del proceso de cicatrización, como la formación del coágulo, la reparación de vasos sanguíneos, la formación del tejido granular (tejido conectivo que se forma en la superficie de la herida) o la migración y proliferación de fibroblastos (células esenciales del tejido conectivo). Las propiedades cicatrizantes, calmantes e hidratantes del ácido hialurónico han permitido elaborar distintos productos para regenerar la piel

y las mucosas. De este modo, el ácido hialurónico se incluye en formulaciones tópicas destinadas a tratar abrasiones, quemaduras, incisiones post-quirúrgicas o úlceras. Además, el ácido hialurónico endógeno contribuye al mantenimiento de las vías respiratorias, formando parte de las secreciones, favoreciendo los procesos de curación, regulando la hidratación, etc. (NORMON, 2018).

- *Hematomas*

Un hematoma es una acumulación de sangre, causado por una pequeña hemorragia interna (rotura de vasos capilares, sin que la sangre llegue a la superficie corporal). Aparecen generalmente como respuesta corporal resultante de un golpe, raspones o una extracción de sangre (les Laboratorio, 2017). La desaparición de un hematoma puede llevar meses, pero la mayoría dura aproximadamente dos semanas. Comienzan de un color rojizo, luego se tornan azul violáceo y amarillo verdoso; antes de volver a la coloración normal (Medline Plus, 2020).

## Objetivo

Elaborar un gel antiséptico con nanopartículas de óxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ) como agente liberador de compuestos bioactivos de extractos naturales para su uso como medicina alternativa en el tratamiento de hematomas.

## Parte experimental

Para la caracterización de las nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  recolectaron hojas de *Heterotheca inuloides*. Posteriormente se lavaron con abundante agua de grifo y se pusieron a hervir durante 15 min para finalmente poner el extracto resultante en un recipiente.

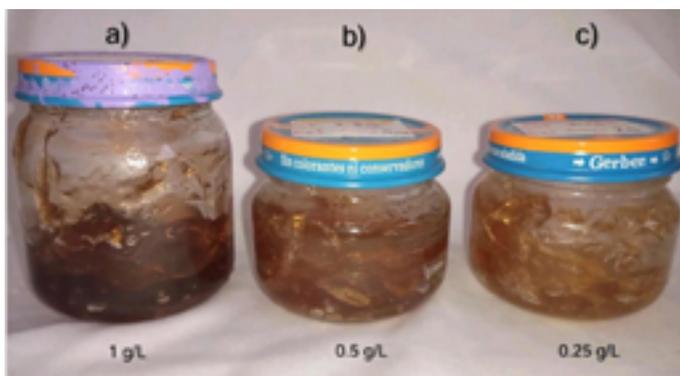
1. En la elaboración del gel antiséptico se disolvieron 0.70 g de carbopol en 90 mL de alcohol en un recipiente amplio y se agitó fuertemente.
  - 1.1. Una vez que se aprecia la incorporación de carbopol se añade 0.25 mL de glicerina pura y se continúa agitando suavemente.

- 1.2. Cuando no se aprecien grumos en la mezcla se agregan 10 mL del extracto de *Heterotheca inuloides* mientras se agita suavemente y procedemos a añadir 1 mL de trietanolamina por goteo sin dejar de agitar.
- 1.3. Finalmente, cuando el gel obtuvo consistencia, se envasó y se conservó en un lugar fresco y seco (Figura 1).



**Figura 1.** Gel antiséptico sin nanopartículas.

2. Posteriormente se procedió a elaborar el gel antiséptico, para lo cual se disolvieron 0.70 g de carbopol en 90 mL de alcohol en un recipiente amplio y se agito fuertemente.
  - 2.1 Una vez que se aprecia la incorporación de carbopol se añade 0.25 mL de glicerina pura y se continúa agitando suavemente.
  - 2.2 Cuando no se aprecien grumos en la mezcla se agregan 10 mL del extracto de *Heterotheca inuloides* mientras se agita suavemente y procedemos a añadir 1 mL de trietanolamina por goteo sin dejar de agitar.
  - 2.3 Después cuando el gel obtuvo consistencia, se envasó. Para impregnar las nanopartículas de  $\text{SiO}_2$ , se utilizó un sonicador con una duración de 20 min.
  - 2.4 Finalmente, se dejaron reposar las muestras de los geles y posteriormente se envasaron (Figura 2).



**Figura 2.** Gel antiséptico con nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  a distintas concentraciones.

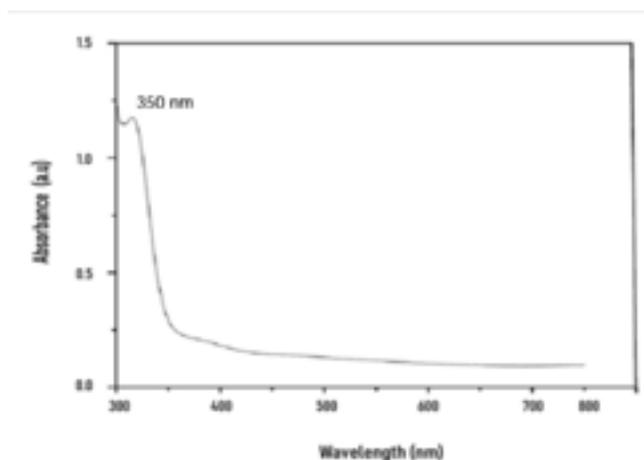
### Pruebas para evaluar la actividad microbiana

3. Para la preparación de los medios de cultivo utilizando agar nutritivo, se rehidrató 9 g del medio en 230 mL de agua destilada.
  - 3.1 Después se dejó reposar la solución durante 15 min. Posteriormente donde se calentó con un agitado constante hasta alcanzar su punto de ebullición se mantuvo por 1 min con el fin de lograr una mejor homogenización.
  - 3.2 Una vez finalizado el medio de cultivo, se esterilizó en una autoclave a  $121^\circ\text{C}$  durante 15 min.
  - 3.3 Ya finalizado el medio de cultivo se adicionó cada una de las cajas petri correspondientes, donde se dejaron enfriar a temperatura ambiente.
  - 3.4 Finalmente se etiquetaron los medios para ser utilizados en las pruebas.

## Resultados y discusión

### *Análisis de la espectroscopía UV-Vis*

Las nanopartículas de SiO<sub>2</sub> se analizaron utilizando la espectroscopía UV-Vis en un rango entre 300 a 800 nm. Se observa el pico de absorbancia de estas nanopartículas a 350 nm, debido a su resonancia de plasmón de superficie (Figura 3).

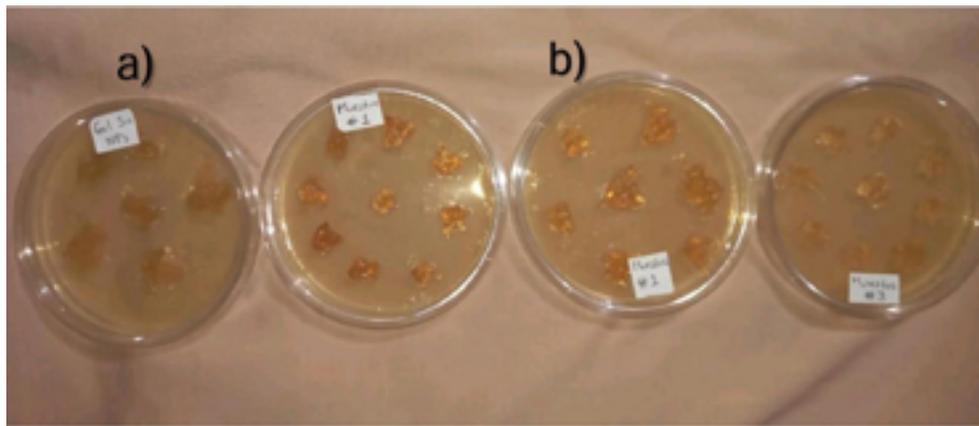


**Figura 3.** Espectroscopía UV-Vis de las nanopartículas de SiO<sub>2</sub>.

### Determinación de la actividad antimicrobiana

Las nanopartículas son utilizadas para la elaboración del gel antiséptico debido a sus propiedades antimicrobianas son utilizadas en diversas aplicaciones. En las pruebas realizadas, se utilizó agar nutritivo para medir la eficiencia del gel antiséptico a base de extractos naturales con la incorporación de nanopartículas de SiO<sub>2</sub> contra bacterias gram negativas y gram positivas. Se analizó por el método de difusión de disco con las nanopartículas, mediante diferentes concentraciones para la elaboración del gel antiséptico. En la figura 4, se observa la actividad antimicrobiana de las muestras del gel antiséptico, en el caso de la figura 4(a) se puede determinar que el gel base presenta una actividad antimicrobiana ante las bacterias gram negativas, por otro lado, en la figura 4(b), se puede observar la actividad antimicrobiana del gel antiséptico a base de *Heterotheca inuloides* con la incorporación de ácido hialurónico y nanopartículas

de SiO<sub>2</sub> en diferentes concentraciones. Al comparar la actividad antimicrobiana de las muestras del gel antiséptico a base de *Heterotheca inuloides* y del gel antiséptico a base de *Heterotheca inuloides* con la incorporación de nanopartículas de SiO<sub>2</sub> y ácido hialurónico, se mostró un mejor efecto antimicrobiano ante los medios de cultivo de las bacterias gram positivas y gram negativas, eso se debe a un mayor efecto microbiano dependiente de la concentración, es decir, a mayor concentración mayor actividad antimicrobiana, teniendo un mayor efecto inhibitorio.



**Figura 4.** Actividad antimicrobiana (a) gel sin nanopartículas y (b) gel antiséptico con nanopartículas de SiO<sub>2</sub>.

En la Tabla 1, se registró el tamaño del diámetro desinfectado utilizando el gel antiséptico a base de *Heterotheca inuloides* con la incorporación de SiO<sub>2</sub>. Tabla 1. Registro del diámetro del área desinfectada en diferentes concentraciones de SiO<sub>2</sub>.

**Tabla 1.** Registro

Área desinfectada en mm					
Concentración de la muestra	1 hora	3 horas	6 horas	12 horas	24 horas
Gel sin NP's	1mm	3mm	4mm	6mm	8mm
0.25 g / L	2mm	4mm	6mm	8mm	9mm
0.5 g / L	3mm	5mm	6mm	8mm	9mm
1 g / L	3mm	5mm	7mm	9mm	10mm

Como se puede observar el incremento del agente encapsulante viene acompañado el registro de la evaluación antimicrobiana del gel con el paso del tiempo para cada una de las muestras a base de *Heterotheca inuloides* y  $\text{SiO}_2$  en diferentes concentraciones respecto al gel antiséptico sin nanopartículas. La prueba total fue de 24 hrs, donde todas las pruebas fueron satisfactorias. Sin embargo, la muestra que presento una mejor efectividad para la reducción de microorganismos fue la que tenía la concentración de 1 g/L de nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  con extracto de *Heterotheca inuloides* y ácido hialurónico.

## Conclusiones

Los espectros UV-Visible confirmo la formación de las nanopartículas de  $\text{SiO}_2$ . Se muestra que el gel antiséptico a base de extracto de *Heterotheca inuloides*, ácido hialurónico y nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  presenta actividad antimicrobiana. El comportamiento del  $\text{SiO}_2$  como agente liberador puede ser constatado con el crecimiento del radio de los aros inhibición con forme transcurre el tiempo como se observa en la Tabla 1.

## Agradecimientos

Agradecemos a la universidad tecnológica del centro de Veracruz por brindarnos los recursos para llevar a cabo esta investigación del proyecto elaboración de un gel antiséptico a base de óxido de silicio, ácido hialurónico y *Heterotheca inuloides* para su posible uso en tratamientos de heridas y hematomas.



## Referencias

- Acofarma. (2019). Ácido hialurónico sin agujas: el mejor tratamiento de belleza. <https://www.acofarma.com/blog/acido-hialuronico/>
- Cornelio Pucuhuayla, E. S. y Quiñones coronel, N. G. (2019). Evaluación de la concentración y el tiempo de contacto de las nanopartículas de óxido de silicio para la inactivación de las bacterias E. coli en aguas residuales municipales. [Tesis de grado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. repositorio.uncp.edu.pe. Obtenido de repositorio.uncp.edu.pe: [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5979/T010\\_71773125\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/5979/T010_71773125_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y) y CHEMIE.ES (2020). Óxido de silicio. Recuperado el 21 de mayo 2021, de [https://www.quimica.es/enciclopedia\\_xido\\_de\\_silicio.html](https://www.quimica.es/enciclopedia_xido_de_silicio.html)
- Eucerin. (2021). Comprendiendo la piel – Estructura y función de la piel. <https://www.eucerin.com.mx/acerca-de-la-piel/conocimientos-basicos-sobrela-piel/estructura-y-funcion-de-la-piel>
- Farmacia Serra. (s.f.). Membrana de cáscara de huevo, aporte de colágeno. <https://www.farmaciaserra.com/blog/membrana-cascara-huevocolageno.html>
- Gelambi, M. (2019). Hipodermis: capas, composición, funciones, enfermedades. Recuperado 02 de septiembre 2019, de <https://www.lifeder.com/hipodermis/>
- Gómez, M. (2018). Nanomateriales, nanopartículas y síntesis verde. Repertorio de Medicina y Cirugía. 27(2), 75 - 80. <https://doi.org/10.31260/RepertMedCir.v27.n2.2018.191>
- les Laboratorio. (2017). Los moretones o hematomas. <https://les-lab.com.ar/losmoretones-o-hematomas/>
- Jilote, M. y Rosales, B. (2019). Intervenciones educativas de enfermería en quemaduras sobre escolares de 8 a 10 años con una población mexiquense. [Tesis de grado, Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/104931/MARIELA%20JI%20LOTE%20SANCHEZ%2016-10-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Leticia. (2018). Arnica montana versus heterotheca inuloide <https://www.taullorganics.com/arnica-montana-versus-heterotheca-inuloide/>
- López, G., Morales, R., Olea, O. Sánchez, V. Trujillo, J., Varela, V. y Vilchis, A. (2013). Nanoestructuras metálicas. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/52618/Lopez%20T>
- Medline Plus. (2020). Moretones. Recuperado el 7 de julio 2020, de <https://medlineplus.gov/spanish/bruises.html>
- Nieto, M., Garcia, J., Caltzontzin, V., Chavez, R. y Estrada, M. (2018). Efecto de las condiciones de cultivo en la producción de fenoles, flavonoides totales y su capacidad antioxidante en el árnica (Heterotheca inuloides). Recuperado el 21 de noviembre 2018, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200709342018000904296&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200709342018000904296&script=sci_arttext)

NORMON. (2018). Ácido hialurónico: un ingrediente con propiedades calmantes y cicatrizantes. Recuperado el 08 de noviembre 2019, de <https://www.normon.es/articulo-blog/acido-hialuronico-un-ingrediente-conpropiedades-calmantes-y-cicatrizantes->

Paz, L. E. (2015)., Epidemiología de las quemaduras en México. Recuperado el 16 de enero 2015, de <https://www.medigraphic.com/pdfs/quirurgicas/rmq2015/rmq151m.pdf>

Rubio, M. (2019). Evaluación in vitro antimicrobiana y coagulante de los extractos etanólicos de Heterotheca inuloides, Mentha piperita y Amphyptergium adstringens como alternativa terapéutica en Odontopediatría. [Tesis de maestría Universidad Autónoma <http://eprints.uanl.mx/18697/1/1080289333.pdf> de Nuevo León].

Sánchez, J. P. (2017). Lesiones por agentes físicos y químicos. Recuperado el 29 de septiembre 2017, de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/1653-2019-0427-107-2017-1206Tema%205.%20Accidentes%20originados%20por%20la%20electricidad%20industrial%20y%20atmosf%C3%A9rica....pdf>

Silva, C. V. (2015). Síntesis de nanopartículas de SiO<sub>2</sub> como potenciales vehículos para administración de fármacos. [Tesis de grado, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica]. [https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/1529/1/TMIPIC\\_YTE8S52015.pdf](https://ipicyt.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1010/1529/1/TMIPIC_YTE8S52015.pdf)

# FORMACIÓN DE BIOPELÍCULAS A BASE DE MUCÍLAGO DE *OPUNTIA FICUS-INDICA* Y NANOPARTÍCULAS DE DIÓXIDO DE SILICIO



*Jased Hernandez Linares, Joselin Rincón Ponce\*, Sua Jesimiel Aleluya Hernández, Juan Manuel Padilla Flores*

Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, [2093j0007@utcv.edu.mx](mailto:2093j0007@utcv.edu.mx)



## Resumen

El uso de impermeabilizantes es de suma importancia para la protección y prevención del deterioro en los inmuebles a lo largo del tiempo. El uso del petróleo ha tenido un gran impacto a lo largo de la fabricación de distintos impermeabilizantes, causando sobre todo una gran cantidad de consecuencias negativas contra el medio ambiente, es por ello por lo que el presente trabajo pretende buscar nuevas y mejores alternativas para la elaboración de impermeabilizantes, formando biopelículas a base del mucilago *Opuntia ficus-indica* derivado del nopal con la incorporación de nanopartículas de dióxido de silicio como agente hidrófugo. Entre las pruebas realizadas, se analizaron las propiedades como impermeabilizantes de las biopelículas. El estudio del mucilago *Opuntia ficus-indica* demostró que es un agente hidrófugo y muy eficiente para su aplicación como impermeabilizante en edificaciones.

**Palabras clave** *Opuntia ficus-indica*, impermeabilizantes, nanopartículas, biopelículas, propiedades hidrófugas.

## Antecedentes

El uso de impermeabilizantes es de suma importancia para la protección y prevención de deterioro en los inmuebles a lo largo del tiempo. Los sistemas de enfriamiento estático mejor conocido como “techos fríos”, son un sistema de impermeabilización que además de crear barreras contra la humedad brindan mayor reflectancia solar, es decir la capacidad de reflejar ondas ultravioletas reduciendo la transferencia de calor en un edificio.

Con las nuevas tecnologías de construcción y mantenimiento es posible prever las condiciones climatológicas y obtener beneficios, los sistemas de techo frío se desarrollan con la finalidad de ahorrar en el consumo de energía eléctrica, al tiempo que se protege la obra (IAMSA, 2020).

## Aislantes térmicos:

Los aislantes térmicos son los materiales que tienen la capacidad de oponerse al paso del calor por conducción, convección y radiación, y se evalúan por su capacidad de aislar térmicamente. En su mayor parte están constituidos por gas (más de 90%), mismo que está contenido en sólidos que conforman pequeños espacios y le impiden su movimiento. Algunas de sus propiedades convenientes que se podrían considerar son que deben ser resistentes a la intemperie, presentar resistencia mecánica, formar barrera para el paso de vapor y ser resistentes al abuso mecánico, al fuego y auto extingüibles. Hoy en día, los aislantes desempeñan un papel importante en el comportamiento energético del edificio. En México el concepto de aislamiento térmico es poco conocido, sin embargo, el tema ha cobrado gran relevancia, ya que en agosto del 2009 se reguló en el país el uso eficiente de energía en la vivienda con la publicación en el Diario Oficial de la Federación de la Norma Mexicana NMX- C460-ONNCCE-2009 Industria de la construcción-aislamiento térmico-Valor R para envolventes de vivienda térmica para la República Mexicana-Especificaciones y Verificación.

El grado de aislamiento que dicta la norma se hace evidente mediante el análisis de la resistencia térmica total (valor R) que deben cumplir las viviendas a través de la envolvente, previsto de acuerdo con la zona terminal del país en que se ubiquen. Por lo tanto, para lograr un espesor estándar los materiales de aislamiento necesitan mejorar sus características, además el incremento en los requerimientos no solo ocurrió debido

al aislamiento térmico, sino también con respecto a la calidad en el ambiente interior e impacto ambiental (Garza, 2016).

### **Propiedades de los aislantes:**

Los materiales aislantes se encuentran clasificados por unos parámetros que les harán ser únicos y distintos del resto y los convertirán en óptimos para cada solución concreta en una edificación. Analizar las características comunes de estos materiales, así como las propiedades que los establecen como singulares dentro del conjunto de los aislantes, nos permitirán acercarnos al entendimiento y objetivo del trabajo.

Estos materiales cuentan con aire en sus cavidades interiores o con algún gas seco encapsulado, es estado inerte y quieto; esto supone una característica común junto con la baja conductividad térmica que les confiere el título de materiales aislantes.

Es conocido, que cada material aislante presenta unas condiciones únicas, dentro de la baja conductividad térmica cada uno presenta unos valores mínimos o máximos dentro del límite de consideración de aislante térmico. Otras de las cualidades a destacar de estos elementos son las siguientes:

- Transmitancia térmica (U): Propiedad física que mide la cantidad de energía que fluye por unidad de tiempo y superficie, transferido a través de un elemento.
- Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua: Se da, especialmente en los aislamientos que pretenden preservar una superficie fría; si el aislamiento permite que la humedad del aire se ponga en contacto con la superficie fría, esta se ira condensando y mojando todo el aislamiento, creando problemas de pérdidas de capacidad de aislamiento.
- Densidad ( $\rho$ ): Masa de material que existe por unidad de volumen.
- Calor específico ( $c_p$ ): Capacidad que tiene un material para acumular energía en su unidad de masa.
- Resistencia térmica ( $R_t$ ): Cociente entre el espesor y la conductividad térmica del material; cuanto mayor sea su valor mayor es la capacidad de aislante (Palomo, 2017).

## Impermeabilizantes

Cuando hablamos de una impermeabilización nos referimos al proceso que se efectúa en toda construcción para darle a los elementos que la componen la propiedad de evitar el paso del agua a través de ellos; es decir, es un sistema o una serie de capas.

### Clasificación de los impermeabilizantes:

En el mercado existen una gran variedad de estos productos, como son los asfálticos, acrílicos y prefabricados (asfaltos modificados), en presentaciones de rollos o líquido envasado, con diferente calidad de acuerdo con los materiales usados en su fabricación, en términos generales los impermeabilizantes se clasifican de la siguiente manera:

- Acrílicos: Para impermeabilizaciones de tipo doméstico debido a su fácil aplicación y bajo costo.
- Sistemas asfálticos: Para impermeabilizaciones industriales o domésticas, presentan un elevado costo ya que requieren mano de obra especializada.
- Prefabricados: Para impermeabilizaciones de naves industriales por su costo elevado y mano de obra especializada.
- Naturales: Son aquellos que se hacen con base en una argamasa de alumbre y jabón disueltos con agua y que sirven para tapar grietas (Elizalde, 2005).

### Objetivo(s)

#### *Objetivo general:*

Elaborar un impermeabilizante a base de mucílago de *Opuntia ficus-indica*, con el fin de reducir las altas temperaturas y evitar humedades en edificaciones, incorporando nanopartículas de dióxido de silicio como agente hidrófugo.

*Objetivos específicos:*

- Obtener nanopartículas de dióxido de silicio mediante método Stöber modificado.
- Caracterizar las nanopartículas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) y microscopía electrónica de transmisión (TEM)
- Utilizar mucilago de *Opuntia ficus-indica* para la realización de películas biodegradables.
- Añadir nanopartículas de dióxido de silicio para la mejora del impermeabilizante.
- Pruebadelaspropiedadeshidrófugasdelimpermeabilizantesobre diferentes superficies.

**Parte experimental (u otro título similar si es más descriptivo de lo presentado)**

*Obtención del mucilago Opuntia ficus-indica*

El nopal utilizado fue obtenido en el municipio de Mariano Escobedo en el Estado de Veracruz, se eligieron los nopales más verdes y maduros posibles. Los cladodios se limpiaron y se les retiró las espinas, posteriormente se lavaron con detergente líquido y abundante agua, donde se utilizó un cepillo de cerdas suaves para eliminar cualquier tipo de residuo o contaminante. Una vez lavados perfectamente se picaron en trozos pequeños y se sometieron a cocción en agua en proporción 1:4 (nopal:agua) a 70°C durante una hora y se dejó enfriar por 24 horas a temperatura ambiente. Para finalizar primero se filtró con ayuda de un colador para separar el líquido y por último se pasó por un filtro para eliminar cualquier resto.

**Obtención de nanopartículas por el método Stöber modificado**

*Síntesis de las NPsSiO<sub>2</sub> porosas*

La síntesis de las nanopartículas se realizó por el método Stöber modificado, en donde se variaron parámetros como el tipo de tensoactivo, relación molar de alcóxido-tensoactivo y temperatura, esto con el fin de encontrar las condiciones óptimas de síntesis (diámetro de partículas 2 nm, morfología porosa y estructura mesoporosa ordenada).

En un vaso de precipitado de 500 mL se colocaron 400 mL de agua destilada y el tensoactivo, ya disuelto el tensoactivo, esta solución se coloca en un reactor de fondo plano (con una capacidad de 2 L) con el resto de agua, se agita por 5 min. Posteriormente se agregan 16 mL de  $\text{NH}_3\text{OH}$  y finalmente por goteo se adicionan 17.14 mL de TEOS. La temperatura se eleva a  $95^\circ\text{C}$  y se deja reaccionar por una hora con agitación constante a 700 rpm, el producto se deja enfriar y se centrifugó a 15,000 rpm durante 15 min con tres lavados de una solución etanol-agua para remover el tensoactivo y recuperar las nanopartículas sólidas, estas se secan a  $90^\circ\text{C}$  por 12 horas y se calcina a  $500^\circ\text{C}$ , para eliminar humedad, restos del tensoactivo y proporcionar resistencia mecánica al material. Finalmente se filtra y lava en un matraz kitasato con una solución etanol-agua para remover los remanentes de tensoactivo y se seca a  $90^\circ\text{C}$  durante 12 horas.

### **Caracterización de las nanopartículas**

#### *Análisis por microscopía electrónica de barrido*

La presencia de una morfología esférica, la aproximación del tamaño de partícula y la determinación de composición química puntual se realizó en el Microscopio Electrónico de Barrido Dual Beam (FIB/SEM) FEI-Helius Nanolab 600 con una 26 aceleración de 15 kV una resolución de 1 nm en modo barrido. Se realizó espectroscopia de dispersión de energía (EDS) y análisis morfológico superficial por electrones secundarios.

#### **Análisis por microscopía electrónica de transmisión**

La estructura porosa del material se corroboró por la técnica de TEM en el Microscopio Electrónico de Transmisión HR-TEM FEI Tecnai F30 (300 keV). También se realizó un análisis de traza para la determinación de composición química por EDS. Los datos se analizaron con ayuda del software Digital Micrograph.

### **Preparación del impermeabilizante**

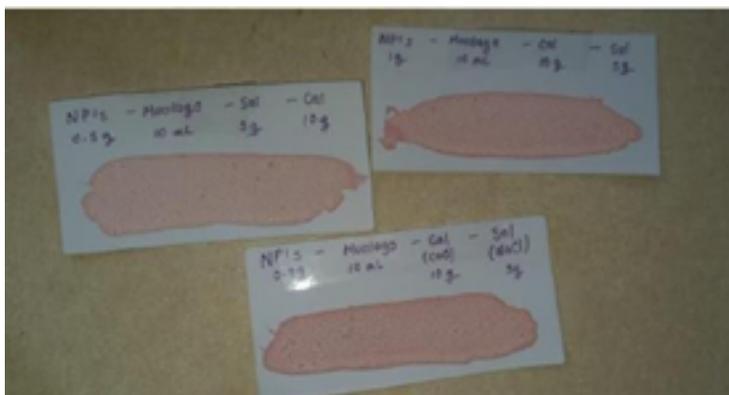
Para la preparación del impermeabilizante se añadieron los materiales en distintas cantidades para observar en cual se obtenían mejores resultados. Para incorporar las nanopartículas en el mucílago fue necesario utilizar el sonicador para que estas se integran de forma uniforme, se prepararon tres muestras diferentes, en donde se

pesaron 0.3 g, 0.5 g y 1 g de  $\text{NPsSiO}_2$  porosas y cada una de las diferentes cantidades se añadieron a 200 mL de mucílago por separado y posteriormente se sometieron al sonicador durante 20 minutos.

## Resultados y discusión

### *Muestras del impermeabilizante*

De los resultados obtenidos las muestras más favorecedoras fueron aquellas en las que la hubo más presencia de óxido de calcio y mayor cantidad de cloruro de sodio, como se muestra en la Figura 1.



*Figura 1. Muestras con resultados más favorecedores en su aplicación como impermeabilizante.*

De las cuales al añadir agua se observó un mejor resultado fue en la muestra donde se utilizaron 0.5 g de  $\text{NPsSiO}_2$  porosas, 10 g de óxido de calcio y 5 g de cloruro de sodio. En la Figura 2 se observan las muestras después de añadirles agua. Como podemos observar la muestra mencionada anteriormente se encuentra con menor humedad después de manipularlas con la misma cantidad de agua.

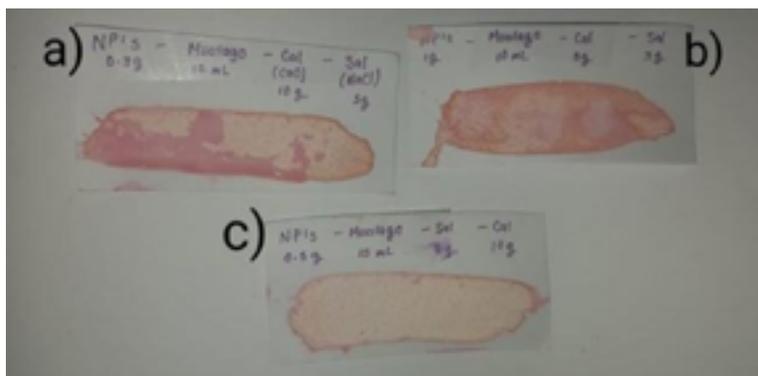


Figura 2. Muestras después de ser manipuladas con agua a) Prueba utilizando 0.3g de NPs SiO<sub>2</sub> b) Prueba utilizando 1 g de NPs SiO<sub>2</sub> c) Prueba utilizando 0.5 g de NPs SiO<sub>2</sub>, donde se observó menor cantidad de humedad.

## Conclusiones

- El método Stöber modificado resultó ser el más eficiente para la síntesis de las nanopartículas SiO<sub>2</sub> porosas.
- La técnica de SEM es la técnica más pertinente para la caracterización de las NPs SiO<sub>2</sub> porosas.
- De las pruebas realizadas se observó que la muestra que utilizó 0.5 g de NPs SiO<sub>2</sub> presentó mejores propiedades como impermeabilizante.
- El estudio del mucílago demostró que es un agente hidrófugo y muy eficiente para su aplicación como impermeabilizante en edificaciones.
- Las nanopartículas de dióxido de silicio al ser hidrófugas sumaron al mucílago mejores propiedades como impermeabilizante.

## Agradecimientos

Se agradece a la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz por brindar todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación. Se agradece a cada uno de los colaboradores de este proyecto por su entrega y dedicación para su elaboración y estructuración.



## Referencias

Domínguez, E. (2005). Materiales y Procedimientos de Construcción II [Licenciatura en Arquitectura]. Instituto de Ciencias Básicas e Ingenierías Área Académica de Arquitectura, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Espinoza, C (2015). Síntesis de nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  como potenciales vehículos para administración de fármacos [Posgrado en Nanociencias y Materiales]. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, San Luis Potosí.

García, A. (2017). Estudio nutricional del nopal (*Opuntia ficus-indica* L. Miller) en sus diferentes tipos de cocción. Universidad Nacional Autónoma de México. [https://www.researchgate.net/publication/313248137\\_Estudio\\_nutricional\\_del\\_nopal\\_Opuntia\\_ficusindica\\_L\\_Miller\\_en\\_sus\\_diferentes\\_tipos\\_de\\_coccion/link/5894096daca27231daf626ce/download](https://www.researchgate.net/publication/313248137_Estudio_nutricional_del_nopal_Opuntia_ficusindica_L_Miller_en_sus_diferentes_tipos_de_coccion/link/5894096daca27231daf626ce/download)

García, L.V (2016). Sinterización de magnesia con diferentes concentraciones de óxidos de nanopartículas  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  Y  $\text{SiO}_2$  respectivamente mediante láser pulsado [Tesis de doctorado]. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de ingeniería eléctrica y mecánica.

Garza, V.J (2016). Análisis del ciclo de la vida de aislantes térmicos para la aplicación en edificaciones [Tesis de licenciatura]. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de ingeniería eléctrica y mecánica.

IAMSA. (2020). Importancia de impermeabilizar en épocas de calor. iamsacv.com. <https://iamsacv.com/impermeabiliza-en-epocas-de-calor-y-reduce-las-altas-temperaturas/>

Palomo Cano, M.P.C (2017). Aislantes térmicos [Tesis de licenciatura]. Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid., Universidad Politécnica de Madrid.

Rodríguez, S. (2016). Optimización de la Extracción del Mucílago de Nopal (*Opuntia ficus-indica*) [Tesis de licenciatura]. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, San Nicolás de Hidalgo.

UMA. (2005). Microscopía electrónica. Ampliación de Química Inorgánica.

Vargas, J. (2019). Producción biológica de nanopartículas de óxido de silicio utilizando escombros procedentes de construcciones del área metropolitana de Bucaramanga. Universidad de Santander, Bucaramanga.

# APLICACIÓN DE FOTOCATALIZADORES $\text{TiO}_2$ Y $\text{ZnO-SnO}_2$ SOPORTADOS EN MESOCARPIOS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN AMBIENTE REAL



*Valeria Rodríguez Rivera\*<sup>1</sup>, Nohemi Sánchez De La Cruz<sup>1</sup>, Erick Domínguez López<sup>1</sup>, Francisco Javier Tzompantzi Morales<sup>2</sup>, Juan Manuel Padilla Flores<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, Área de Tecnología, Av. Universidad Carretera Federal Cuitláhuac-La Tinaja No. 350, Cuitláhuac, Veracruz 94910, México  
[20193j101017@utcv.edu.mx](mailto:20193j101017@utcv.edu.mx), [20193j101007@utcv.edu.mx](mailto:20193j101007@utcv.edu.mx)

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa, Laboratorio de Catálisis, Departamento de Química, DCBI, Av. San Rafael Atlixco No. 186, CP 09340, México DF, México.



## Resumen

Actualmente la contaminación ha incrementado drásticamente y se ha convertido en un problema conservar suministros de agua adecuados y convenientes. Esta problemática subsiste debido al uso de fertilizantes, colorantes y productos químicos empleados en la industria fina. Se propone desarrollar un prototipo para la degradación de contaminantes orgánicos en medio acuoso mediante mesocarpio de coco, impregnado con  $\text{TiO}_2$  y  $\text{ZnO-SnO}_2$ . Se prepararon tres soluciones de mucílago de nopal, con concentraciones en masa (1%, 5% y 10%) de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  y  $\text{ZnO-SnO}_2$ , se sonicaron y se elaboraron esferas de mesocarpio de coco seco, posteriormente se impregnó por medio de inmersión y aspersion. Después se probó la actividad fotocatalítica en un ambiente real de cada esfera. El prototipo de mesocarpio de coco impregnado con nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  al 5% y 10% mostró mayor efectividad fotocatalítica que el prototipo impregnado con 1% de  $\text{TiO}_2$ , el cual, presentó más tiempo de degradación.

**Palabras clave:** mesocarpio, impregnación, fotocatalítica, nanopartículas, degradación.

### Antecedentes

La contaminación de aguas residuales, industriales y domésticas está ocasionando que los recursos hídricos, tanto superficiales como subterráneos sean cada vez más escasos, de limitada calidad y a un alto precio para una población en crecimiento. Lo anterior, conlleva al deterioro de los ecosistemas generando desequilibrio de estos, lo que origina efectos de bioacumulación en los organismos de los ecosistemas provocando patologías y permitiendo que se incorporen en la cadena trófica hasta llegar a los humanos. Desde hace ya varios años, se ha mostrado un auge en la búsqueda de nuevas tecnologías para el tratamiento de aguas residuales los cuales se han centrado en la fotocatalisis utilizando  $\text{TiO}_2$  y  $\text{ZnO-SnO}_2$  por sus atractivas características electrónicas y su capacidad de degradar colorantes presentes. A continuación, se presentan algunos resultados obtenidos en previas investigaciones.

De acuerdo con lo reportado en el trabajo por parte de Leong et al., (2021) investigaron acerca del uso de membranas fotocatalítica de  $\text{TiO}_2$  los cuales han demostrado un gran potencial para su uso en la purificación de agua y el tratamiento de aguas residuales con eficiencia energética, ya que combinan la separación física de la filtración por membrana y la degradación orgánica y la propiedad antibacteriana lograda por la fotocatalisis en una sola unidad.

Al-Zahrani et al., (2020) realizaron estudios sobre la decoloración fotocatalítica de un nuevo colorante orgánico insoluble en agua a base de fenotiazina por  $\text{ZnO}$  y  $\text{TiO}_2$  nanopartículas. Se seleccionaron dos nanopartículas disponibles comercialmente,  $\text{ZnO}$  y  $\text{TiO}_2$ , y se comparó su decoloración fotocatalítica del tinte del medio acuoso. En este trabajo nos muestra que la actividad fotocatalítica observada para  $\text{TiO}_2$  (P25) fue mejor que el de  $\text{ZnO}$ .

Por otra parte, Caziñares J., (2018) realizó la investigación de la incorporación sobre telas 100% algodón de dos tipos de óxido de titanio, utilizando 4 procedimientos: incorporación por agotamiento con ligante y con pretratamiento e incorporación por impregnación con ligante y con pretratamiento. Se seleccionó el método de incorporación por agotamiento con pretratamiento a la tela, ya que presentó el mayor porcen-

taje de incorporación de partículas de  $\text{TiO}_2$  en el cual se concluye satisfactoriamente y se tiene que a mayor tiempo de exposición, mayor propiedad autolimpiable.

## Objetivo

Desarrollar un prototipo para la degradación de contaminantes orgánicos en medio acuoso mediante mesocarpio de coco, impregnado con  $\text{TiO}_2$  y  $\text{ZnO-SnO}_2$ .

## Parte experimental

### *Preparación de esferas de mesocarpio de Coco nucifera*

Se consiguió un coco verde y se secó, una vez seca la fibra se deshebró para posteriormente cortar en hilos cortos, con las cuales se formaron las esferas. Se tamizaron las fibras para obtener un acabado favorable para la elaboración de las esferas. Se utilizará un pegamento elaborado con 250 mg de harina y 500 mL de agua. Se moldearon las fibras de manera que permanecieran con forma de esfera y se dejó secar por 24 horas.

### Preparación de materia prima

Se consiguieron 5 nopales para obtención del mucílago. Se cortaron los nopales en cuadros pequeños, deben estar previamente limpios y se añadieron a una cubeta con 1 L de agua, dejando reposar durante 24 horas. Al concluir el tiempo, los cuadros de nopal se molerán en la cubeta y se llevará a cabo el proceso de filtración para separar el nopal del mucílago.

### Preparación de mezcla para impregnación

Se preparó la mezcla en la cual se impregnarán las esferas, que está conformada por 20 mL de mucílago y 3 g de cal.  $(\text{Ca}(\text{OH})_2)$ , la mezcla se colocó en vasos de precipitados para diferentes concentraciones de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$ .

### Prototipo Número 1 Impregnación de esferas de *Coco nucifera* con $\text{TiO}_2$

Se pesaron las esferas de mesocarpio de coco, y se procedió a añadir las nanopartí-

culas de  $\text{TiO}_2$  en tres concentraciones: 1%, 5% y 10%, se mantuvieron por una hora, moviendo constantemente y se retiraron, después se colocaron en papel filtro. Se dejaron secar en el sol, después de 48 h se observaron cambios en la esfera más concentrada, con un color blanco.

### Actividad fotocatalítica

Se preparó una solución de 500 mL con una gota de colorante vegetal azul comercial; para verificar la actividad fotocatalítica de la esfera de mesocarpio de coco impregnada al 1% con  $\text{TiO}_2$ . Posteriormente, se montó el sistema fotocatalítico. Se ocuparon 300 mL de la solución para la prueba, se sumergió la esfera de prototipo número uno con 1% de concentración de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  y permaneció en agitación por dos horas en el sistema. Las esferas con concentraciones de 5% y 10% de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  se midió la actividad fotocatalítica como se describe a continuación: se preparó una solución que contenía 1 L de agua y se disolvió 100 mg de colorante para telas azul índigo. Posterior a esto, se depositaron las esferas impregnadas previamente con  $\text{TiO}_2$  y se colocaron al sol. Después de dos días en el exterior bajo los rayos de la luz solar, la coloración del azul índigo de la muestra disminuyó, y adquirió una tonalidad verdosa que se asume es debido al mucílago que recubre a la esfera de mesocarpio.

### Prototipo Número 2 Esferas de mesocarpio de *coco nucifera* impregnadas con $\text{ZnO-SnO}_2$

Se realizaron 3 esferas de *coco nucifera*. Una vez secas, se colgaron para poder llevar a cabo su impregnación por el método de aspersión. Con una solución de 50 mL de mucílago y 0.25 g de nanopartículas de  $\text{ZnO-SnO}_2$ . Cada esfera recibió 40 aspersiones. En un litro de agua se agregó 0.1298 g colorante azul índigo, se diluyó con otro litro de agua para obtener una solución azul claro, se ocuparon 500 mL de agua con colorante para poder sumergir las esferas y exponerlas al sol.

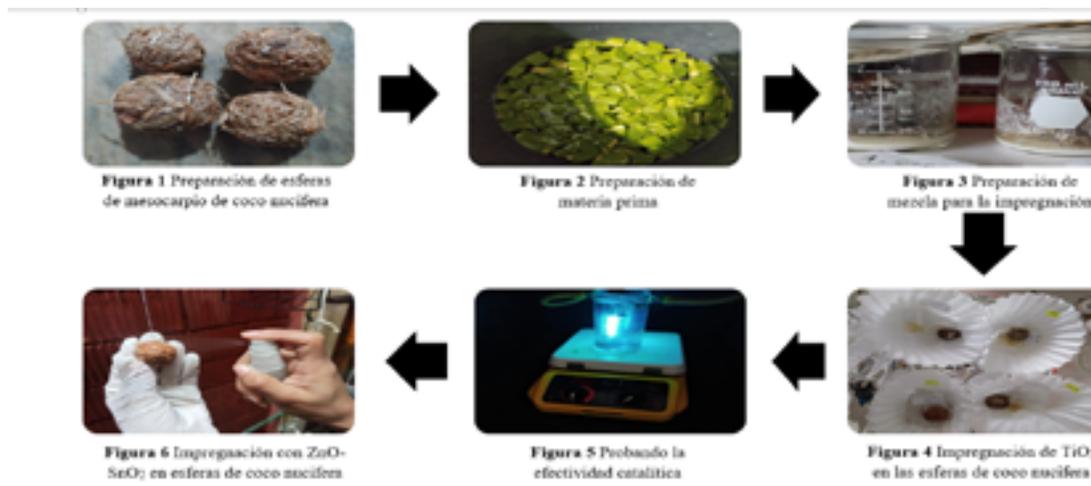
### Caracterización de óxido de titanio

Los patrones de difracción de polvo de DRX de los fotocatalizadores de  $\text{TiO}_2$

tratados a 600 rpm a diferentes tiempos se realizaron a temperatura ambiente con un difractor Bruker D-8 Advance con la geometría de Bragg-Brentano, utilizando una fuente de radiación de Cu K ( $\lambda = 0,154 \text{ nm}$ ), un Ni 0,5% Cu- K -filtro en la viga secundaria, y un detector de tiras de silicón sensible a la posición en 1-dimensión (Bruker, Linxeye). La intensidad de difracción en función del ángulo  $2\theta$  se midió entre  $5^\circ$  y  $85^\circ$ , con una velocidad de paso de  $0,01945^\circ$ , para 53 s por punto. La identificación de los picos de difracción de los patrones XRD se llevó a cabo utilizando la base de datos JCPDS. Los espectros de UV-Vis de reflectancia difusa de los fotocatalizadores  $\text{TiO}_2$  se registraron en un espectrómetro perkinElmer LAMBDA 1030 con velocidad de barrido de  $600 \text{ nm min}^{-1}$  con intervalos de recopilación de datos cada 1 nm y un cambio de la fuente de luz a una longitud de onda de 350 nm.

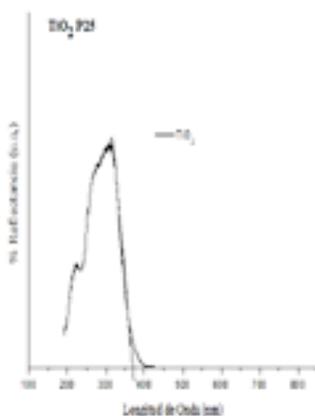
### Caracterización de esferas de $\text{ZnO-SnO}_2$

Por la contingencia sanitaria nacional y mundial, no hubo suficiente tiempo para llevar a cabo las caracterizaciones necesarias que estaban contempladas.



## Resultados

### Caracterización



**Figura 7** Espectros de UV-VIS de reflectancia difusa del  $\text{TiO}_2$  P25.

Se calcula la banda prohibida de  $\text{TiO}_2$  por reflectancia difusa trazando una pendiente al espectro de absorción como se muestra en la Figura 7, donde el punto de intersección de dicha pendiente con la abscisa nos da el valor de la longitud de onda para calcular la energía de la banda prohibida. (Jiang, Xu, Wu, & Sun, 2008)

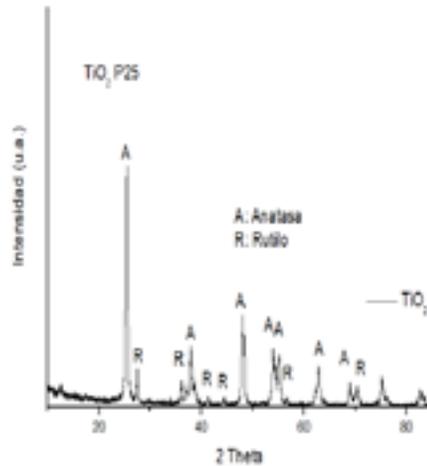
$$E = hc/\lambda$$

$$E = 1239 \text{ nm} / 370.5 \text{ nm}$$

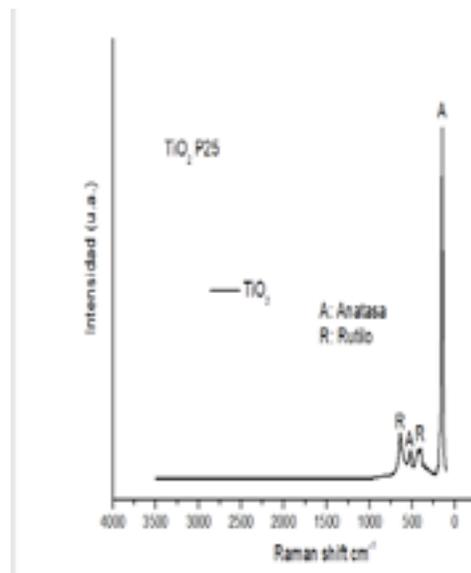
$$E = 3.34 \text{ eV}$$

El valor de la energía de la banda prohibida calculado confirma que el  $\text{TiO}_2$  es un semiconductor.

En la Figura 8, se presenta el espectro de difracción de Rayos-X de la especie  $\text{TiO}_2$  P25. En el espectro se observan los planos cristalinos correspondientes a la fase Anatasa y de la fase Rutilo. (Gomathi Devi, Kottam, & Girish Kumar, 2009)



**Figura 8** Patrones de difracción de TiO<sub>2</sub> P25.



**Figura 9** Espectroscopía RAMAN del TiO<sub>2</sub> P25 modificado por mecanosíntesis

En la Figura 9, se observa el espectro Raman del fotocatalizador de TiO<sub>2</sub> P25 en el cual se puede observar las señales características de la fase anatasa y de la fase rutilo lo que corrobora la espectroscopia de difracción de rayos X. (Gomathi Devi, Kottam, & Girish Kumar, 2009)

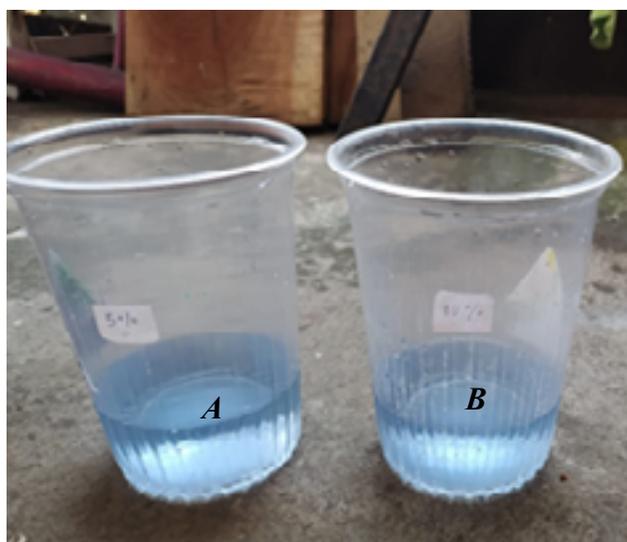
**Prototipo 1: Esferas de mesocarpio de *coco nucifera* impregnadas con  $\text{TiO}_2$**

**Figura 10.** Muestra madre A. Muestra sometida a sistema fotocatalítico B.

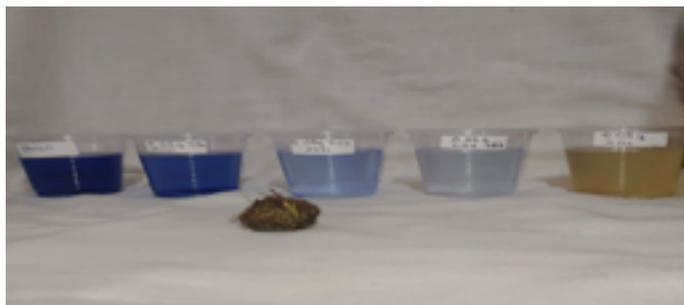


En la Figura 10 se muestra la solución sin catalizador A y con la esfera impregnada con 1% de concentración con el catalizador B, iluminada con luz artificial, en la cual se puede notar que en presencia de luz artificial no genera ningún efecto de degradación fotocatalítica.

En las siguientes pruebas de actividad fotocatalítica que se muestran en la Figura 11 y 12 se puede observar la degradación del azul, notando solamente una tonalidad verdosa la cual se atribuye al mucílago que se desprende de la esfera.



**Figura 11** Solución con colorante inicial

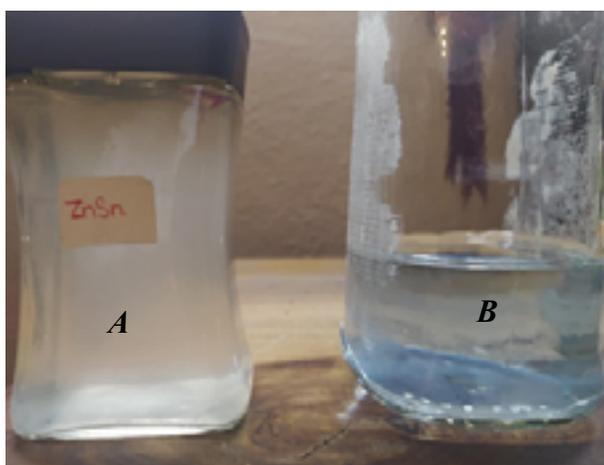


**Figura 12** Degradación de colorante en esferas impregnadas con  $\text{TiO}_2$  después de dos días.

Esto es debido al aumento de concentración de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$ , observando un efecto fotocatalítico y la degradación del colorante, se logra un verde claro, que es derivado a compuestos propios de la fibra de coco y mucílago. También se encuentran residuos del pegamento elaborado.

### **Prototipo 2: Esferas de mesocarpio de *coco nucifera* impregnadas con $\text{ZnO-SnO}_2$**

En la Figura 13 se muestran el resultado de las esferas impregnadas por medio de aspersión con nanopartículas de  $\text{ZnO-SnO}_2$ , se logró una decoloración de azul a un color verde transparente con textura grasosa después de mantenerlas expuestas por 72 horas consecutivas.



**Figura 13** Muestra A: después de dos días con esferas impregnadas de  $\text{ZnO-SnO}_2$ . Muestra B: colorante base.

## Conclusiones

La fotocatalisis con nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  es capaz de degradar colorantes presentes en el agua; con mesocarpio de coco impregnadas con mucílago, conforme el aumento de concentración se incrementa la degradación del colorante.

El prototipo número uno a base de mesocarpio de coco impregnado con nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  al 5 y 10% mostró aparentemente una mayor actividad fotocatalítica en la decoloración, respecto al prototipo número dos, impregnado con  $\text{ZnO-SnO}_2$  este presentó un tiempo más largo para realizar dicha degradación. Sin embargo, es necesario desarrollar mayor trabajo de caracterización por medios espectroscópicos UV-Vis y carbono orgánico total (TOC) para cuantificar la efectividad de mineralización del colorante.

Las propiedades del mucílago muestran satisfactoriamente su capacidad adhesiva, sin embargo, el color del mucílago confiere una tonalidad verdosa a las muestras.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz por permitir utilizar las instalaciones para llevar a cabo las pruebas del proyecto. También agradecemos a CONACyT A1-S-41124 (-f-3499)



## Referencias

- Al-Zahrani, F., El-Shishtawy, R. M., Ahmed, N. S., Awwad, N. S., Hamdy, M. S., & Asiri, A. M. (2020). Photocatalytic decolourization of a new water-insoluble organic dye based on phenothiazine by ZnO and TiO<sub>2</sub> nanoparticles. *Arabian Journal of Chemistry*, 3633-3638. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2019.12.007>
- Caziñares J., D. E. (2018). *Incorporación de dióxido de titanio para telas para generar propiedades auto-limpiantes*. [Tesis Ingeniería. Facultad de Ingeniería química y agroindustrial, Quito]
- Flores, J. M. (s.f.). *Degradación Fotocatalítica de rojo de Cresol mediante TiO<sub>2</sub> Modificado por Mecano-síntesis*.
- Gomathi Devi, L., Kottam, N., & Girish Kumar, S. (2009). *The Journal of Physical Chemistry C.*, 15593-15601.
- Jiang, D., Xu, Y., Wu, D., & Sun, Y. (2008). *Journal of Solid-State Chemistry*, 593-602.
- Leong, S., A. R., K. W., Hapgood, K., Zhang, X., & Wang, H. (2021). Photocatalytic Membranes. *Journal of Membrane Science*, 340. <http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2014.08.016>

# ESTUDIOS QSAR Y DE ACOPLAMIENTO MOLECULAR PARA UNA SERIE DE DIHIDROPIRIDINAS ANÁLOGOS A LA NIFEDIPINA CON LA ENZIMA 3LV3



*José Guillermo Penieres Carrillo, José Guadalupe García Estrada\**  
*Luis Antonio Martínez Arellano, Rodolfo Gómez Balderas, Diego Fernández Reyes*

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM, [jogarcia@unam.mx](mailto:jogarcia@unam.mx); [penieres@unam.mx](mailto:penieres@unam.mx)*



## Resumen

En México la prevalencia actual de hipertensión arterial es de 25.5%, y de éstos el 40.0% desconocía que padecía esta enfermedad. En adultos con diagnóstico previo de hipertensión arterial, el 79.3% reportó tener tratamiento con el uso de un fármaco para controlar sus valores de tensión arterial, en los que de tipo dihidropiridinas son los más usados. **Objetivos:** Determinar y evaluar la correlación de la actividad biológica para una serie de dihidropiridinas análogas a la nifedipina, considerando los descriptores biológicos de distintos sustituyentes en el anillo aromático usando métodos de la química computacional. Así mismo, efectuar los correspondientes estudios de acoplamiento molecular con la estructura cristalina del bloqueador de los canales de calcio alfa 1 obtenida del banco de datos de proteínas (ID de PDB: 3LV3).

**Palabras clave:** QSAR; Acoplamiento molecular; Bloqueadores de Calcio; Dihidropiridinas.

## Antecedentes

Según la OMS la hipertensión, también conocida como tensión arterial alta o elevada, es un trastorno en el que los vasos sanguíneos tienen una tensión persistentemente alta. En México la prevalencia actual de hipertensión arterial es de 25.5%, y de éstos el 40.0% desconocía que padecía esta enfermedad. En adultos con diagnóstico previo de hipertensión arterial, el 79.3% reportó tener tratamiento con el uso de un fármaco para controlar sus valores de tensión arterial, en los que de tipo dihidropiridinas (DHP) son los más usados. Dada la importancia de  $\text{Ca}^{2+}$  en la fisiología celular, los canales de calcio constituyen un punto de acción farmacológica importante para múltiples tratamientos y, por tanto, son objeto de estudio para el desarrollo de nuevos fármacos. La nifedipina se emplea en el tratamiento de afecciones cardíacas como la hipertensión, angina de pecho y otros padecimientos cardiovasculares (Safak, 2006), esta DHP actúa uniéndose de manera específica a los canales inactivos de calcio tipo L. Este compuesto heterocíclico evita la entrada de los iones  $\text{Ca}^{2+}$  a las células cardíacas y de musculatura lisa vascular, dando como resultado la relajación vascular, siendo así, la nifedipina el arquetipo de las dihidropiridinas bloqueadoras de canales de calcio.

Por otro lado, se ha reportado que la reactividad de un compuesto orgánico se establece a partir del carácter electrónico de los grupos funcionales. Estudios realizados por Louis Hammett (1937) propuso un modelo de correlación de energía libre, donde relaciona la constante de reacción ( $\rho$ ) y la constante de sustituyente electrónico ( $\sigma$ ), por lo que la velocidad de oxidación varía según el carácter electrónico del sustituyente, siendo que a menor oxidación de las DHPs mayor es la actividad antihipertensiva del fármaco. La Doctora Alejandra De la Cerda (2000) y colaboradores, reportan una importante influencia del efecto electrónico de los sustituyentes en el anillo aromático sobre la velocidad de oxidación microsomal, en un estudio realizado para una serie de 27 DHPs análogas a la nifedipina. De las dihidropiridinas estudiadas, el análogo 2,3-difluorofenil sustituido fue el que presentó la menor velocidad de oxidación microsomal. Hoy en día, comprender los principios del reconocimiento, la interacción y la asociación de los receptores de proteínas con sustratos e inhibidores moleculares, es de vital importancia en el proceso de descubrimiento de nuevos fármacos. La relación cuantitativa estructura-actividad (en inglés, Quantitative structure-activity relationship, QSAR) reúne un conjunto de técnicas computacionales relacionadas con diseño y visualización espacial virtual de moléculas (también llamado *in silico*), cálculo

de propiedades fisicoquímicas moleculares (Descriptores), bioinformática y estadística. Así mismo, el acoplamiento molecular (docking) automatizado (Prieto-Martínez 2018) propone un modelo de unión entre dos moléculas, una proteína y un ligante. Este último método ha sido utilizado en química farmacéutica y en el descubrimiento de nuevos fármacos por medio del entendimiento de las fuerzas de interacción involucradas en el reconocimiento molecular. En estudios donde se aplica el acoplamiento molecular, usualmente se considera como la mejor pose (confórmero) aquella que reporta la menor energía de unión y ha servido como una orientación en la búsqueda de un ligante objetivo.

Por otro lado, la estructura cristalina del bloqueador de los canales de calcio alfa 1(3LV3) registrada en RSCB, banco de datos de proteína, es un bloqueador de canales de calcio sensibles al voltaje (VSCC). Regula la entrada de iones de calcio en las células y también participa en una variedad de procesos dependientes del calcio, que incluyen la contracción muscular, la liberación de hormonas o neurotransmisores, la expresión génica, la motilidad celular, la división y muerte celular. Los canales de calcio de larga duración (tipo L) pertenecen al grupo de los “activados por alto voltaje” (HVA) y pueden estar bloqueados por dihidropiridinas (DHP), fenilalquilaminas, benzotiazepinas y por *omega*-agatoxina-IIIa (protopedia).

T. Jassmin (2021), reporta un estudio docking de la proteína 3LV3 con una serie de compuestos 6-amino-4-aryl-3-carbamoyl-5-ciano-1,4-dihidropiridina-2-tiolatos (figura 1) y toman en cuenta para sus estudios el sitio activo conformado por los aminoácidos, Thr31, Thr178, Arg239, Asp238, Thr240, Tyr209, Asp183 y Gly207.

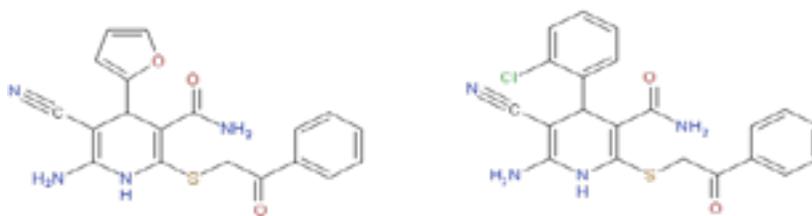


Figura 1. Los compuestos más activos (de acuerdo a los estudios docking)

**Figura 1.** Los compuestos con mejor acoplamiento en los resultados obtenidos por T. Jassmin.

## Objetivo

Llevar a cabo estudios QSAR y de Doking en la oxidación microsomal para una serie de compuestos análogos a la nifedipina, mediante el empleo de las herramientas de Química Computacional, determinar y seleccionar los descriptores moleculares más importantes, así como cuantificar la influencia del efecto electrónico de los sustituyentes en el anillo aromático sobre la velocidad de oxidación para una serie de DHPs análogas a la nifedipina.

## Procedimiento

**Parte QSAR.** Para el desarrollo de este trabajo se construyeron los ligandos (DHPs) utilizando el programa IQmolD (2017). La determinación de descriptores moleculares fue empleando el Hamiltoniano Químico Cuántico semiempírico AM1 del programa Winmostar (Steward, 2009). Los descriptores biológicos fueron calculados con Molinspiration. Los valores de actividad enzimática se tomaron de la referencia De la Cerda, A. *et al.* (2000). Los descriptores moleculares fueron  $\Delta H_f$ , PI, EHOMO, ELUMO,  $\eta$ ,  $\mu$  y  $\omega$ , mientras que los descriptores biológicos fueron Vmax,  $K_{MM}$ , log P, volumen molecular, Ion canal modulador, TPSA, Quinasa inhibidora, Proteasa inhibidora, Enzima inhibidora.

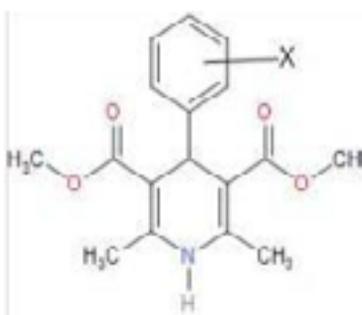
**Parte Acoplamiento Molecular.** La estructura cristalina del bloqueador de los canales de calcio alfa 1 se obtuvo del banco de datos de proteínas (ID de PDB: 3LV3). El tratamiento de la proteína consistió en la extracción del ligando y la eliminación de moléculas de agua y cofactores con los que vienen resueltas sus estructuras cristalinas, usando Chimera 1.15. El acoplamiento se realizó por método fijo, bajo los siguientes parámetros: libre rotación de todos los enlaces de los ligandos con libertad conformacional, adición de cargas de Gasteiger a la proteína y al ligando, adición de hidrógenos a la proteína, generación de 10 poses para cada ligando y utilización del Algoritmo Genético Lamarckiano (LGA), (Morris 1998).

Este último se utilizó bajo las siguientes condiciones: 100 corridas del GA, 150 tamaño de población, 2 500 000 máximo número de evaluaciones, empleando AutoDockTools (Abreu, 2010). Para seleccionar la mejor pose para cada ligando se utilizó el criterio de aquella que reporta la menor energía de unión entre todas las poses obtenidas y fueron

descritas en formato 2D con Discovery Studio (BIOVIA, 2017). Se consideró el sitio activo reportado por T. Jassmin.

## Resultados y discusión

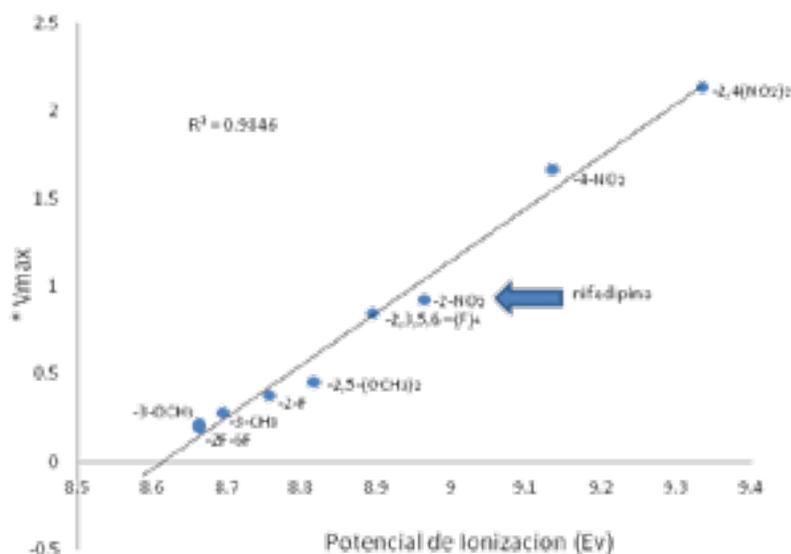
Se sintetizaron 28 DHPs (figura 2) y se evaluaron sus descriptores biológicos y electrónicos.



X = H; 4-OH; 3-Br; 2-Cl; 3-OCH<sub>3</sub>; 3-Cl; 2-OCH<sub>3</sub>; 2-CH<sub>3</sub>; 3-OH; 2-NO<sub>2</sub>; 3-NO<sub>2</sub>; 4-F; 2-NO<sub>2</sub>; 4-NO<sub>2</sub>; 2-F; 6-Cl; 3-F; 5-F; 3-Br; 4-F; 3-F; 2-F; 2-Br; 3-CH<sub>3</sub>; 2-F; 6-F; 2-F; 3-F; 2-F; 3-F; 5-F; 6-F; 2-Cl; 3-Cl; 2-OCH<sub>3</sub>; 5-OCH<sub>3</sub>; 4-*i*-propil; 4-NO<sub>2</sub>; 4-OEt.

**Figura 2.** Serie de DHPs sintetizadas por el método de Hantzsch<sup>3</sup>.

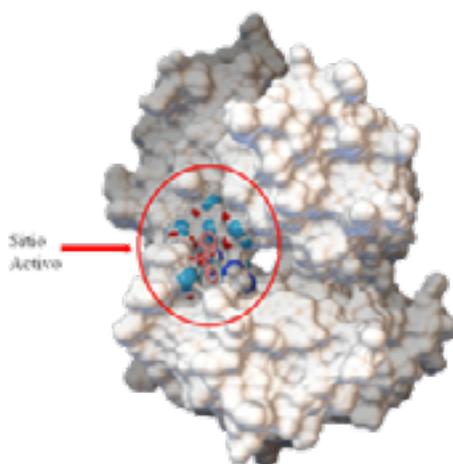
En la búsqueda de la mejor correlación entre la velocidad máxima de oxidación microsomal con algún descriptor electrónico, resultó ser el del potencial de ionización el más prometedor (gráfica 1).



\* Velocidad máxima aparente expresada en nanomol de piridina formada por mg de proteína y por min.

**Gráfica 1.** Correlación potencial de ionización contra la velocidad máxima.

En la correlación (gráfica 1), es notable que los valores más bajos de  $V_{max}$  son para las DHPs con sustituyente flúor en posición 2 y 6, al igual que el caso con sustituyente 3-OCH<sub>3</sub>, por lo que son las que presentan menor velocidad de oxidación. Así mismo, las DHPs con grupos electroattractores favorecen la oxidación, mientras que grupos electrodonadores la disminuyen, a excepción, cuando el sustituyente es flúor. En cuanto al estudio de acoplamiento, fue considerado el centro activo reportado por T. Jassmin<sup>7</sup>(figura 3).



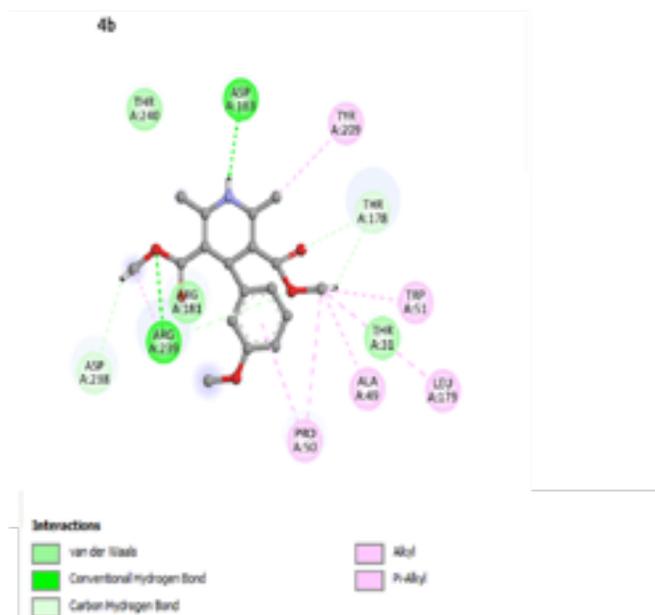
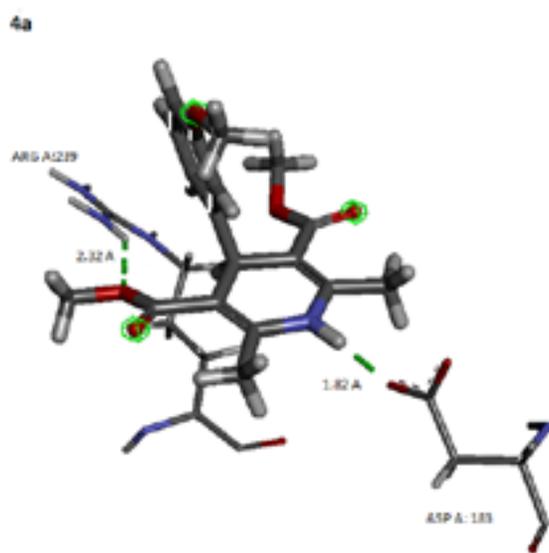
**Figura 3.** Localización del sitio activo de la proteína 3LV3 en su representación de superficie.

Se determinaron las energías de acoplamiento para las cinco DHPs con menor  $V_{max}$  de oxidación y los resultados son mostrados en la Tabla 1.

*Tabla 1. Energías de Acoplamiento de las DHPs con menor  $V_{max}$  de oxidación*

DHP	Energía de Acoplamiento (kcal/mol)	Puentes de hidrógeno
2-NO <sub>2</sub>	-4.79	ARG181
2-OCH <sub>3</sub>	-5.08	ARG239
2,5-(OCH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	-4.29	GLN54, GLN54
3-CH <sub>3</sub>	-4.88	GLN54, GLU177
3-OCH <sub>3</sub>	-5.55	ARG239, ASP183
2-F, 6F	-4.49	GLN54, GLU177

Los mejores acoplamientos fueron para la DHP con sustituyente  $\text{OCH}_3$  en posición 2 y, así mismo, para la DHP con ese mismo sustituyente en posición 3 del anillo aromático. Además, la DHP con el sustituyente  $\text{OCH}_3$  en posición 3, no solo muestra dos puentes de hidrógeno (figura 4a), sino también, 5 interacciones Pi-alquilo (figura 4b), de ahí que se encuentra el mejor acoplamiento de la serie de las 28 DHPs.



**Figura 4. (a)** Puentes de hidrógeno formados con entre ligando-proteína.  
**(b)** Diagrama 2D, acoplamiento ligando-proteína.

## Conclusiones

Se logró determinar que el mejor descriptor en el estudio QSAR en la serie de DHPs fue el potencial de ionización, el cual está relacionado de manera directa con la velocidad de oxidación microsomal, siendo las DHPs con sustituyentes activantes las que presentan menor oxidación comparativamente con la nifedipina.

El estudio docking efectuado y, considerando las dihidropiridinas con menor velocidad de oxidación, dio resultados de acoplamiento con la enzima muy similares. En caso particular la dihidropiridina con el sustituyente  $-\text{OCH}_3$  en posición 3, mostró el mejor acoplamiento ( $-5.55$  kcal/mol) corroborado con la constante de Michalis\_Menten de 0.1, valor obtenido de su correspondiente  $V_{\text{max}}$  de oxidación, por lo que esta dihidropiridina es excelente candidata a ser considerada para bloqueadores de calcio.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la FESC-UNAM por el financiamiento al proyecto PIAPI2039.



## Referencias

- Abreu, R.M. (2010). MOLA: a bootable, self-configuring system for virtual screening using AutoDock4/Vina on computer clusters. *J. Cheminform*, 2(1), p. 10.
- BIOVIA (2017). Dassault Systèmes BIOVIA, Discovery Studio Modeling Environment, Release 2017, Dassault Systèmes, San Diego, California, USA.
- De la Cerda, A; Lehmann, P; Villanueva, C; Marcelin, G. (2000). Evaluación de la susceptibilidad a la oxidación microsomal de una serie de análogos de nifedipina. *Rev. Soc. Quím. Méx.* 44, 275-280.
- Hammett, L. P. (1937). The effect of structure upon the reactions of organic compounds. Benzene derivatives. *J. Am. Chem. Soc.* 59, 96-103, doi.org/10.1021/ja01280a022.
- IQmol. (2017, February 20). Research Computing Documentation, Retrieved 00:16, October 15, 2021, from <https://wiki.rc.usf.edu/index.php?title=IQmol&oldid=1276>
- Jassmin, T. Dotsenko, V. (2021). 6-Amino-4-Aryl-3-Carbamoyl-5-Cyano-1,4-Dihydropyridine-2-Thiolates: Synthesis, Reactions and Docking Studies. *Chem. Proc.* 3, 13. doi.org/10.3390/
- Morris, G.M. (1998). Automated docking using a Lamarckian genetic algorithm and an empirical binding free energy function. *J. Comput. Chem.* 19, 1639–1662.
- Prieto-Martínez F, Arciniega, M. (2018). Molecular docking: current advances and challenges. *Rev. Esp. Cienc. Quím. Biol.* 22, 65-87. doi: 10.22201/fesz.23958723e.2018.0.143.
- Protopedia (2021) <https://proteopedia.org/wiki/index.php/3lv3>
- Safak, C.; Simsek, R. Fused. (2006). 1,4-Dihydropyridines as potential calcium modulatory compounds. *Mini Rev. Med. Chem.* 6, 747–755, doi: 10.2174/13895570677769860.
- Steward, J., MOPAC (2009). Steward computational Chemistry, Version 9.069 W.

# LÍQUIDOS IÓNICOS COMO INHIBIDORES DE CORROSIÓN EN ACERO. UN ESTUDIO TEÓRICO



*Bryan Ashley Acosta García<sup>1\*</sup>, Alan Miralrio<sup>2</sup>, Miguel Castro<sup>3</sup>*

<sup>1\*</sup> *Departamento de Física y Química Teórica, DEPg. Facultad de Química, UNAM*  
[ashleyacosta872@gmail.com](mailto:ashleyacosta872@gmail.com)

<sup>2</sup> *Departamento de Bioingeniería y Ciencias, Tecnológico de Monterrey, Campus Toluca, México*  
[miralrio@tec.mx](mailto:miralrio@tec.mx)

<sup>3</sup> *Departamento de Física y Química Teórica, DEPg. Facultad de Química, UNAM*  
[miguel.castro.m@gmail.com](mailto:miguel.castro.m@gmail.com)



## Resumen

En este trabajo se estudió mediante métodos computacionales el mecanismo de inhibición de la corrosión de tres líquidos iónicos basados en imidazolio: imidazolato de 1-butil-3-etilimidazolio (IBEI), imidazolato de 1-butil-3-propilimidazolio (IBPI) e imidazolato de 1-butil-3-hexilimidazolio (IBHI). Para elucidar los detalles estructurales, electrónicos y energéticos del mecanismo de adsorción se utilizó la teoría de los funcionales de la densidad (DFT) utilizando el método BPW91-D2/PCM/6-311++(2d,2p). La adsorción es mediante el nitrógeno perteneciente al fragmento aniónico de los líquidos iónicos, asimismo la interacción es mediante la cadena de butilo. La energía libre de adsorción tiene los valores de  $-27.941 \text{ kJmol}^{-1}$ ,  $-31.117 \text{ kJmol}^{-1}$  y  $-50.924 \text{ kJmol}^{-1}$  para el IBEI-Fe<sub>6</sub>, IBPI-Fe<sub>6</sub> e IBHI-Fe<sub>6</sub>, respectivamente. Los sistemas IBEI-Fe<sub>6</sub> e IBPI-Fe<sub>6</sub> muestran un proceso mixto de adsorción mientras que el IBHI-Fe<sub>6</sub> muestra un proceso de adsorción química. Dichos sistemas muestran ser efectivos en formar una capa protectora y pasivar al metal demostrando ser excelentes inhibidores de corrosión.

**Palabras clave:** corrosión, líquidos iónicos, imidazolio, cuántica, computacional, DFT

## Antecedentes

La corrosión es un proceso natural producido por las interacciones de tipo químico y/o electroquímico de los materiales con el ambiente que conduce a su deterioro y debilitamiento. Se ha demostrado que este fenómeno involucra pérdidas enormes en materiales metálicos y con ello pérdidas económicas grandes en todo el mundo por lo que este problema ha tenido una considerable atención académica e industrial. El acero y sus aleaciones son de los mejores materiales para construcción para muchas industrias debido a su alta resistencia mecánica y su bajo costo. Sin embargo, estos materiales son altamente reactivos y sufren degradación corrosiva durante varios procesos industriales por lo que se requieren de medidas de prevención para aumentarla vida útil del metal/aleación utilizado como los inhibidores de corrosión, el recubrimiento, la protección catódica o anódica, la selección de los metales y la mejora del diseño.

Los inhibidores de la corrosión resaltan en los métodos anteriores debido a su aplicación en varios campos debido a su bajo costo, alta eficiencia y fácil operación. En la industria, el uso de inhibidores de corrosión se considera un método económico y efectivo para mitigar la corrosión. Dentro de este contexto, los inhibidores de corrosión tradicionales de naturaleza orgánica debido a los riesgos ambientales y a la salud se contraponen al alto costo económico asociado a los daños provocados por este fenómeno.

La búsqueda de nuevas sustancias que no afecten al ambiente es un tópico de especial interés. Se ha demostrado que los líquidos iónicos son sustancias que cumplen con los principios de la química verde/sostenible y que presentan diversas características que los hacen excelentes inhibidores de la corrosión presentando eficiencias de inhibición óptimas.

Dentro de este contexto, la propuesta de este trabajo es estudiar los detalles del mecanismo de adsorción de tres líquidos iónicos basados en imidazolio: imidazolato de 1-butil-3-etilimidazolio (IBEI), imidazolato de 1-butil-3-propilimidazolio (IBPI) e imidazolato de 1-butil-3-hexilimidazolio (IBHI).

## Objetivos

Los objetivos generales son estudiar los detalles estructurales, electrónicos y energéticos de los compuestos: IBEL, IBPI e IBHI como inhibidores de corrosión y elucidar el mecanismo de adsorción de los líquidos iónicos en la superficie de acero mediante cálculos de estructura electrónica dentro del marco de DFT.

Los objetivos particulares son la caracterización de los líquidos iónicos y del cúmulo de hierro mediante parámetros de reactividad global como energía de ionización adiabática, afinidad electrónica adiabática, electronegatividad, dureza global, blandura global, brecha energética, índice de electrofilicidad; y parámetros de reactividad local como las funciones de Fukui condensadas.

## Detalles computacionales

La elucidación de los detalles estructurales, electrónicos y energéticos del mecanismo de adsorción de los líquidos iónicos en la superficie de acero se llevó a cabo mediante la aproximación de cúmulos, en la cual el bulto de acero se modeló como un cúmulo de seis átomos de hierro,  $Fe_6$ .

Los cálculos se realizaron en el marco de la teoría de los funcionales de la densidad (DFT). El funcional utilizado fue el perteneciente a la aproximación de gradiente generalizado (GGA), BPW91, el cual consiste en la combinación del funcional de Becke'88 para el intercambio y el funcional de Perdew y Wang'91 para la correlación. La elección de este funcional se debe a que ha sido ampliamente utilizado para analizar cúmulos de hierro y su interacción con moléculas orgánicas. En muchos de estos estudios, los conjuntos de bases orbitales grandes se utilizan junto con este funcional, en particular con la base 6-311++G(2d,2p), conjunto de bases gaussianas de valencia polarizada con funciones difusas desarrolladas por Pople.

Se añadió al cálculo una corrección de dispersión a la energía electrónica total lo que permite tomar en cuenta fuerzas débiles de Van der Waals y describir interacciones entre los fragmentos iónicos que componen a los líquidos iónicos y la interacción de estos con el cúmulo. Esta corrección de manera general es un modelo semiempírico, el cual fue introducido por Grimme y se denomina D2.

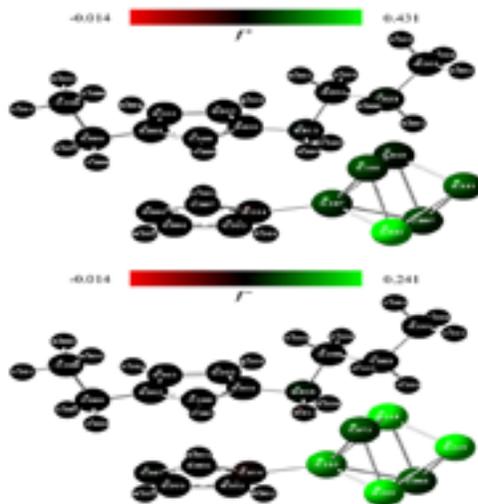
El efecto de las moléculas inhibidoras de la corrosión inmersas en un medio acuoso se tomó en cuenta mediante el uso de un modelo implícito de solvatación. El método

utilizado fue el modelo del continuo polarizable (PCM) el cual utiliza en los cálculos la constante dieléctrica del agua.

Debido a los factores antes mencionados, el método utilizado en este trabajo se referirá como BPW91-D2/PCM/6-311++G(2d,2p). En los cálculos realizados se incluyeron todos los electrones para los sistemas estudiados, y se utilizó el software Gaussian 09 rev. D. 01 para llevar a cabo los cálculos de estructura electrónica. El paquete GaussView 6.0.16 se utilizó como visualizador.

## Resultados y discusión

La estructura de los estados fundamentales de los líquidos iónicos se muestra en la Figura 1, que destaca las distancias más cortas entre los restos que forman el líquido iónico. Está claro que los restos están unidos entre sí y ambos heterociclos se alinean para formar las moléculas neutras.



**Figura 1.** Índices de Fukui para un ataque nucleofílico y electrofílico para el sistema IBEI-Fe<sub>6</sub>

Tabla 1. Propiedades electrónicas y energéticas de los líquidos iónicos a nivel de teoría BPW91-D2/PCM/6-311++G(2d,2p)

Sistema	$E_{HOMO}$ (eV)	$E_{LUMO}$ (eV)	$\Delta E$ (ev)	$BE_{ZPE}$ (eV)	$G_{bind}$ (eV)
IBEI	-4.788	-1.429	3.359	-0.420	0.002
IBPI	-6.971	-1.915	5.056	-0.386	0.085
IBHI	-4.800	-1.449	3.351	-0.435	0.089

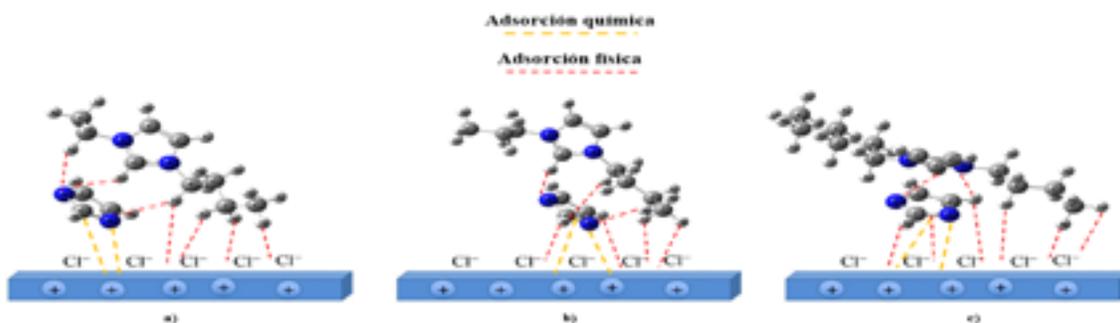


Figura 2. Esquema general del mecanismo de adsorción para los líquidos iónicos: IBEI (a), IBPI (b), e IBHI (c)

## Conclusiones

El método BPW91/PCM/6-311++G(2p,2d) logró ser excelente para lograr la caracterización de los líquidos iónicos, el cúmulo metálico y los sistemas de interacción, además de lograr determinar las energías de adsorción comparables con el experimento para el caso del IBPI y elucidar el mecanismo de adsorción.

El IBPI es el líquido iónico que presenta mejores propiedades como inhibidor de corrosión debido a sus parámetros de reactividad tales como: energías de FMOs, índices de transferencia de electrones, dureza global, índice de electrofilicidad y momento dipolar.

Las energías de adsorción de los sistemas inhibidor-metal muestran que son procesos mixtos de adsorción para el IBEI-Fe<sub>6</sub>, IBPI-Fe<sub>6</sub> mientras que para el IBHI-Fe<sub>6</sub> predomina un proceso de adsorción química.

El sitio de adsorción encontrado es el nitrógeno del fragmento aniónico de los líquidos iónicos, además de esta interacción se estabiliza con los hidrógenos de la cadena alquílica de butilo.

Analizando las cargas NBO y los índices de Fukui condensados es claro que la superficie metálica modelada mediante un cúmulo de  $Fe_6$  está totalmente pasivada, por lo que sugiere también ser excelentes inhibidores del fenómeno de la corrosión.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la DGTIC-UNAM por el acceso a la supercomputadora Miztli mediante el Proyecto LANCAD-UNAM-DGTIC-063 y a la DGAPA UNAM por el apoyo financiero mediante el Proyecto PAPIIT IN114619 “Cúmulos de metales de transición y su interacción con moléculas de importancia biológica”.



# DETERMINACIÓN DE CONSTANTES DE FORMACIÓN DE COMPLEJOS Cu(II)/BENZOATO POR UV-VIS



*Adrián Hernández Méndez, Gabriela Tejeda Juárez, Luis Ignacio Reyes García, Norma Rodríguez Laguna\*, Rosario Moya Hernández, Rodolfo Gómez Balderas*

*Laboratorio de Físicoquímica Analítica, Unidad de Investigación Multidisciplinaria, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, [adheme@comunidad.unam.mx](mailto:adheme@comunidad.unam.mx)*

*\*[normarola@cuautitlan.unam.mx](mailto:normarola@cuautitlan.unam.mx)*



## Resumen

En este proyecto se estudia la especiación de complejos formados entre cobre (Cu(II)) y benzoato (Ben) en disoluciones etanólicas por UV-Vis a 25°C. Éste sistema será usado como modelo para estudiar fármacos antiinflamatorios no esteroideos (AINEs) con iones metálicos. Se establece una metodología general en la cual se utiliza el método de variaciones continuas (método de Job) para obtener la estequiometría y las constantes de equilibrio de los complejos formados en el sistema Cu(II)/Ben. Los sistemas obtenidos fueron estudiados según su concentración en la región UV o Visible del espectro. Con ayuda de métodos computacionales se determinó que los complejos formados tienen las estequiometrías 1:2, 2:2 y 2:4, siendo estas especies  $\text{CuBen}_2$ ,  $\text{Cu}_2\text{Ben}_2^{2+}$  y  $\text{Cu}_2\text{Ben}_4$ .

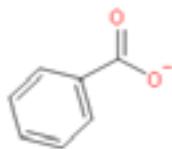
Los logaritmos de las constantes de complejación obtenidas para los complejos mencionados son  $9.2869 \pm 0.0345$ ,  $12.4507 \pm 0.0249$  y  $20.7754 \pm 0.0853$ .

**Palabras clave:** Benzoato, Cu(II), Especies Cu(II)/Benzoato, Constantes de formación Cu(II)/Benzoato, SQUAD

## Antecedentes

El benzoato (Figura 1) es una especie química que inhibe el crecimiento de hongos, y debido a su acción antifúngica ha sido ampliamente utilizado para la conservación de alimentos ácidos como jugos de frutas, encurtidos, vino y preparaciones farmacéuticas, utilizándose a concentraciones de 5-10 mM. El efecto inhibitor del benzoato aumenta con una disminución de pH en el medio de suspensión. La literatura indica que el uso del benzoato como agente antifúngico funciona a partir de 0.1% p/v (Wiley, 1908; Bosund, 1962; Sinskey, 1980).

La selección de esta molécula se debe al grupo funcional presente, el carboxilato, y por su similitud con los fármacos antiinflamatorios, analgésicos y antipiréticos no esteroideos (AINEs); además por ser el benzoato una molécula pequeña. Por mencionar algunos de ellos, diclofenaco, ibuprofeno, indometacina y naproxeno. En la literatura científica se encuentran trabajos sobre el estudio de fármacos AINEs con iones metálicos; se ha estudiado el sistema Cu(II) e Indometacina (Rodríguez-Laguna, N.; Reyes-García, L. I.; Moya-Hernández, R.; Rojas-Hernández, A.; Gómez-Balderas, R. (2016); Hipólito-Nájera, R. A.; Rodríguez-Laguna, N.; Reyes-García, L. I.; Gómez-Vidales, V.; Rojas-Hernández, A.; Gómez-Balderas, R.; Moya-Hernández, R., (2020)), acetato y diclofenaco (Reyes-García, L. I.; Moya-Hernández, R.; Rojas-Hernández, A.; Flores, R.; Rodríguez-Laguna, N.; Gómez-Balderas, R. (2021)), entre otros. La complejación de AINEs con iones metálicos es un campo muy activo de investigación, ya que se ha reportado que este tipo de compuestos presentan mayor actividad terapéutica y menos efectos secundarios.



**Figura 1.** Estructura química de benzoato (Ben).

Estudios de complejos de Cu(II) con ácidos carboxílicos describen sus características estructurales en estado sólido, pero la información encontrada en disolución es escasa. El estudio de un sistema modelo como es el caso del Cu(II)/Ben permite: a) conocer el comportamiento de sistemas más complejos como Cu(II)/AINEs, y b) predecir propiedades fisicoquímicas de este tipo de sistemas. Los resultados obtenidos del sistema Cu(II)/Ben permitirá establecer información química útil para estudiar la estequiometría y las constantes de complejación de AINEs con iones metálicos. A futuro se planea trabajar con AINE's tales como naproxeno e ibuprofeno unidos a Cu(II) con la finalidad de generar información fundamental para el diseño de nuevos medicamentos.

### Objetivo(s)

Determinar las constantes de formación de las especies existentes en el sistema Cu(II)/Benzoato en solución etanólica por espectrofotometría UV-Vis y métodos computacionales.

### Parte experimental

Se llevó a cabo la medición de absorbancias en la región UV-Vis de disoluciones de Cu(II)/Ben en etanol por el método de variaciones continuas (Skoog, 1994). Para ello se prepararon disoluciones de Cu(II) ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2.75\text{H}_2\text{O}$ ) y Benzoato ( $\text{NaC}_6\text{H}_5\text{CO}_2$ ) de concentración  $5 \times 10^{-3}\text{M}$  usando etanol anhidro como disolvente. Se midió la absorbancia de 20 sistemas de la mezcla de Cu(II) y Ben, manteniendo un volumen total constante de 10 mL. La relación molar varió en forma sistemática Concentración de Metal y Concentración de Ligante (CM:CL) de la siguiente manera: 10.0:0, 9.5:0.5, 9.0:1.0, hasta 0.5:9.5. Las mediciones se realizaron en un espectrómetro UV-Vis Lambda 35 Perkin-Elmer en un intervalo de longitudes de onda ( $\lambda$ ) de 200-900 nm a condiciones de presión y temperatura estándar. Cada experimento fue repetido 3 veces para garantizar la reproducibilidad de los espectros obtenidos a este intervalo de longitudes de onda. Para estudiar especies monoméricas se siguió la misma metodología utilizando concentraciones de ambos componentes  $10^{-4}\text{M}$ .

## Resultados y discusión

La familia de espectros de absorción del sistema Cu(II)/Ben a concentraciones iniciales de los componentes  $5 \times 10^{-3}$  M, obtenida en la región del Visible (400-900 nm), se muestra en la figura 2a. El máximo de absorbancia registrado en este intervalo para cada disolución fue variando en función de la cantidad de Cu(II) y Ben presentes en cada sistema. En esta región las transiciones responsables de las bandas de absorción son del tipo d-d. La banda verde corresponde a Cu(II)  $5 \times 10^{-3}$  M (sistema inicial), tiene un máximo de absorbancia a una  $\lambda \approx 800$  nm. Conforme la concentración de Cu(II) disminuye y la concentración de Ben aumenta en los diferentes sistemas, se observan 3 comportamientos; el primero (flecha 1) comienza en la banda verde observándose un comportamiento hipocrómico e hipsocrómico en el máximo de absorbancia, ( $A_{\text{máx}}$ ) siendo los sistemas involucrados los que presentan fracciones mol de Cu(II) ( $f(\text{Cu})$ ) de 1.00 a 0.50. La flecha 2 indica que la  $A_{\text{máx}}$  tiene un comportamiento hipercrómico e hipsocrómico, con  $f(\text{Cu})$  con valores de 0.50 a 0.35. Finalmente, la flecha 3, con  $f(\text{Cu})$  de 0.35 a 0.05, presenta bandas hipocrómicas a  $\lambda \approx 700$  nm debido a la disminución de la concentración del complejo formado. Análogo a los sistemas estudiados en disolución Cu(II)/ Diclofenaco, Cu(II)/ Acetato y Cu(II)/ Indometacina (Reyes-García *et al.*, 2021; Rodríguez-Laguna *et al.*, 2016; Hipólito-Nájera *et al.*, 2020) hay un punto isobéstico a una  $\lambda \approx 675$  nm en las  $f(\text{Cu})$  de 0.00 a 0.45 aproximadamente. También se observa otro punto isobéstico a una  $\lambda \approx 815$  nm entre  $f(\text{Cu})$  de 0.40 y 0.35; esto indica que existen al menos dos especies químicas que absorben. La familia de espectros de absorción de Cu(II)/Ben a una concentración inicial  $10^{-4}$  M para ambos componentes se midió en la región UV (200-400 nm) se muestra en la figura 2b. Se observa un punto isobéstico a  $\lambda \approx 218$  nm. En esta región las transiciones responsables de las bandas de absorción son del tipo  $\pi \rightarrow \pi^*$ .

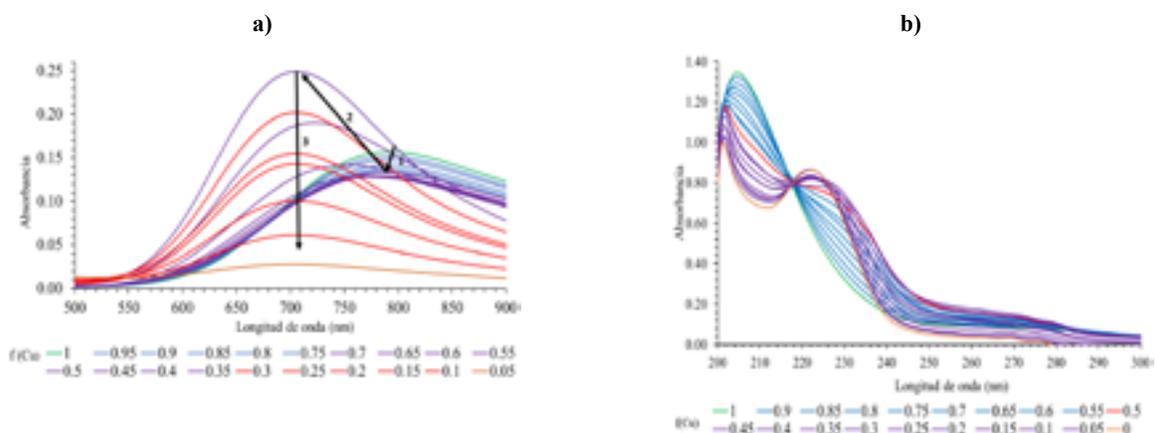
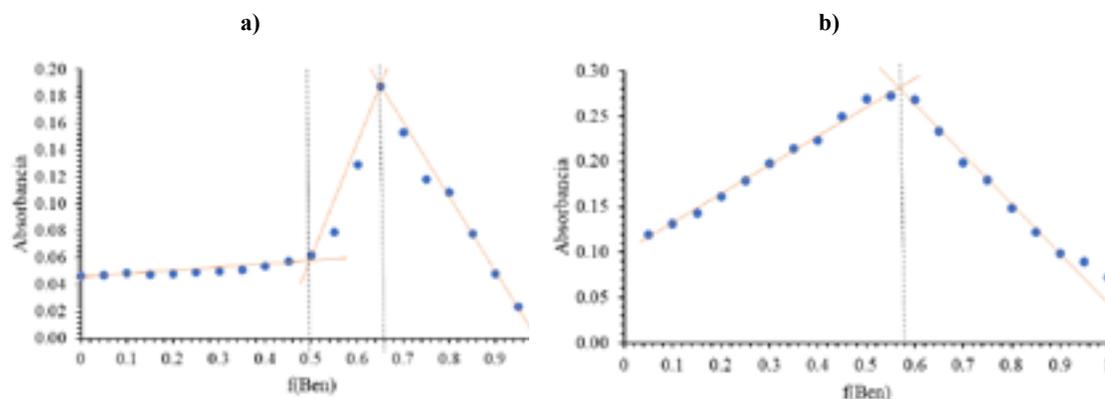


Figura 2. Espectros de absorción para los sistemas Cu(II)/Ben obtenidos por el método de variaciones continuas  
a)  $5 \times 10^{-3}$  M, b)  $10^{-4}$  M.

Una vez obtenidos los espectros de absorción se realizó el gráfico de Job, en el que se grafica la Absorbancia a una determinada longitud de onda en función de la fracción mol del ligante,  $f(\text{Ben})$ , para determinar la estequiometría de los complejos formados en el sistema Cu(II)/Ben. Para los sistemas de concentración inicial  $5 \times 10^{-3}$  M se seleccionó una longitud de onda de 650 nm; la cual fue elegida por mostrar comportamientos lineales con pendientes diferentes. En la figura 3a se muestra el gráfico de Absorbancia en función de  $f(\text{Ben})$  a  $\lambda=650$  nm. En este gráfico se han trazado rectas para cada comportamiento lineal observándose que la intersección entre ellas se da en  $f(\text{Ben})$  de 0.50 y 0.65. A estas fracciones mol las especies existentes del sistema Cu(II)/Ben tienen estequiometrías Cu:Ben de 2:2 y 2:4; siendo estos complejos  $\text{Cu}_2\text{Ben}_2^{2+}$  y  $\text{Cu}_2\text{Ben}_4$ . Para estudiar especies monoméricas en donde se utilizó una concentración de  $10^{-4}$  M, la metodología y el análisis de resultados son los mismos que en el caso anterior. El gráfico de Job (figura 3b) fue construido a  $\lambda=245$  nm, a este valor las bandas empiezan a tener un comportamiento diferente entre sí. El cruce entre las rectas se da en  $f(\text{Ben})$  de 0.58 indicando la formación de una especie que podría ser de estequiometría 1:1 o 1:2; más adelante se confirma la especie existente.



**Figura 3.** Gráfico de Job para el sistema Cu(II)/Ben. a)  $5 \times 10^{-3} M$  a  $\lambda=650 \text{ nm}$ , b)  $10^{-4} M$  a  $\lambda=245 \text{ nm}$ .

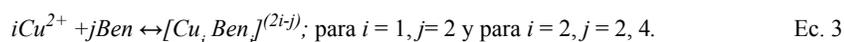
Para comprobar la existencia de los complejos formados a ambas concentraciones se usaron los programas TRIANG y SYBILA para determinar el número de especies que absorben en cada sistema (Castañeda-Ovando, A., Galán-Vidal, C. A., Contreras-López, E., Páez-Hernández, 2014). Con los resultados anteriores se usó SQUAD (Leggett, 1985), que está diseñado para refinar las constantes de estabilidad del modelo químico propuesto mediante el empleo de un enfoque de mínimos cuadrados no lineales. SQUAD resuelve las ecuaciones de la ley de Beer para cada valor de absorbancia  $A_{i,k}$  de la ecuación:

$$A_{i,k} = \sum_l^J [\text{especie}]_{i,j} \times \epsilon_{j,k} \tag{Ec. 1}$$

donde  $[\text{especie}]_{i,j}$  es la concentración de la especie en la  $i$ -ésima disolución (espectro) y  $\epsilon_{j,k}$  es la absortividad molar de la  $j$ -ésima especie en la  $k$ -ésima longitud de onda. SQUAD calcula los valores de las constantes de formación global que minimizan la suma de los residuales al cuadrado entre los valores de absorbancia observados y calculados:

$$U = \sum_l^K \sum_l^J (A_{i,k}^{obs} - A_{i,k}^{calc})^2 \tag{Ec. 2}$$

Además SQUAD calcula una serie de parámetros estadísticos que se utilizan para validar el modelo propuesto. Los otros parámetros calculados por SQUAD son desviación estándar en los datos de absorbancia ( $\sigma_{data}$ ) y desviación estándar de las constantes de estabilidad ( $\sigma_{const}$ ). Las estimaciones para la desviación estándar de cada constante refinada,  $\sigma_{const}$  se considerará indicativo de un valor real cuando representen aproximadamente el 1% de  $\log \beta$ . Las constantes de formación que se reportan para los equilibrios de complejación siguen el equilibrio:



$$\beta_{ij} = \frac{[Cu_i Ben_j]^{(2i-j)}}{[Cu^{2+}]^i [Ben]^j} \quad \text{Ec. 4}$$

donde  $\beta_{ij}$  es la constante de formación global del complejo  $Cu_i Ben_j^{(2i-j)}$  con carga  $2i-j$ . Por otro lado, es necesario construir gráficos de los coeficientes de absorptividad molar en función de la longitud de onda ( $\lambda$ ), analizar que su comportamiento sea similar a los espectros de absorción y verificar que sus incertidumbres sean mínimas. La tabla 1, muestra los logaritmos de las constantes de formación global ( $\log \beta_{ij}$ ) de cada complejo reportado.

Tabla 1. Constantes de estabilidad global de especies Cu(II)/L mono y dinucleares.

Estequiometría	$Cu_i Ben_j^{(2i-j)}$	$\log \beta_{ij} \pm \sigma_{const}$	$\sigma_{data}$	U
1:2	$CuBen_2$	$9.2869 \pm 0.0345$	$8.1851 \times 10^{-03}$	$7.2825 \times 10^{-02}$
2:2	$Cu_2 Ben_2^{2+}$	$12.4507 \pm 0.0249$	$8.1880 \times 10^{-03}$	$5.4640 \times 10^{-02}$
2:4	$Cu_2 Ben_4$	$20.7754 \pm 0.0853$	$8.1880 \times 10^{-03}$	$5.4640 \times 10^{-02}$

El programa SQUAD refinó la constante de formación para el equilibrio monomérico con estequiometría 1:2, correspondiente al complejo el complejo  $CuBen_2$  con estadísticas favorables indicando estabilidad en el sistema, mientras la estequiometría 1:1 presento estadísticas poco favorables, indicando que su estabilidad en el sistema es baja, por lo tanto, el complejo  $CuBen^{2+}$  es descartado.

## Conclusiones

Se logró estudiar el sistema Cu(II)/Benzoato en solución etanólica utilizando el método de variaciones continuas por espectrofotometría UV-Vis a 25 °C. Este estudio se llevó a cabo a concentraciones  $10^{-4}$  M y  $5 \times 10^{-3}$  M, para determinar la formación de complejos mononucleares y dinucleares, respectivamente. Haciendo uso de programas computacionales como SQUAD, TRIANG y SYBILA se determinó que los complejos formados son  $\text{CuBen}_2$ ,  $\text{Cu}_2\text{Ben}_2^{2+}$  y  $\text{Cu}_2\text{Ben}_4$  con valores de los logaritmos de las constantes de complejación igual a  $9.2869 \pm 0.0345$ ,  $12.4507 \pm 0.0249$  y  $20.7754 \pm 0.0853$  respectivamente.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNAM-DGAPA por el financiamiento de los proyectos PAPIIT IN218118 y IA208221.



## Referencias

- Krebs, H.A., Stubbs, M., Wiggins, D. (1983). Studies on the mechanism of the antifungal action of benzoate. *Biochemical Journal* (214), 657pp.
- Rodríguez-Laguna, N.; Reyes-García, L. I.; Moya-Hernández, R.; Rojas-Hernández, A.; Gómez-Balderas, R. (2016). Chemical Speciation of the System Cu(II)-Indomethacin in Ethanol and Water by UV-Vis Spectrophotometry. *Journal of Chemistry*, 2016, 1–12. doi:10.1155/2016/9804162
- Hipólito-Nájera, R. A.; Rodríguez-Laguna, N.; Reyes-García, L. I.; Gómez-Vidales, V.; Rojas-Hernández, A.; Gómez-Balderas, R.; Moya-Hernández, R. Thermodynamics of inclusion within cyclodextrins and structural evidence of Cu(indomethacin)<sub>2</sub> and Zn(indomethacin)<sub>2</sub> complexes in aqueous solutions. *New J. Chem.*, 2020, 44, 20222. doi: 10.1039/d0nj03335a
- Reyes-García, L. I.; Moya-Hernández, R.; Rojas-Hernández, A.; Flores, R.; Rodríguez-Laguna, N.; Gómez-Balderas, R. (2021). Stability constants and molecular modeling of Cu(II)/AcO and Cu(II)/diclofenac complexes in ethanol. *Polyhedron*, 209, 115486. doi:10.1016/j.poly.2021.115486
- Skoog, D. A. (1994). *Principios de Análisis Instrumental*. 6a.ed. Ed. Cengage Learning, Michigan, 385-390pp.
- Castañeda-Ovando, A., Galán-Vidal, C. A., Contreras-López, E. y Páez-Hernández, M. E., Purification of anthocyanins with o-dihydroxy arrangement by sorption in cationic resins charged with Fe(III). *Journal of Chemistry*, 2014, 367236.
- Leggett, D. J. (1985). SQUAD. Computational Methods for the Determination of Formation Constants, 159–220. doi:10.1007/978-1-4684-4934-1\_6

# IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS ACTIVOS DE CRUCETILLO (*R. MONANTHA BENTH*) PARA POSIBLES APLICACIONES FARMACÉUTICAS



*Axel Uriel Jiménez Domínguez*<sup>1</sup>, *Luz María García Rivera*<sup>\*1</sup>, *Jesús Alberto García Vázquez*<sup>1</sup>, *Pedro Abiram Guzmán Martínez*<sup>1</sup>, *Lemuel Pérez Picaso*<sup>2</sup>, *Juan Manuel Padilla Flores*<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz [20183j101007@utcv.edu.mx](mailto:20183j101007@utcv.edu.mx)

<sup>2</sup>Instituto de Química Aplicada Universidad del Papaloapan [lemuelp@unpa.edu.mx](mailto:lemuelp@unpa.edu.mx)



## Resumen

El *R. monantha Benth*, comúnmente conocido como crucetillo, es un fruto endémico del estado de Veracruz. Se utiliza tradicionalmente para el alivio de diversos padecimientos comunes como lo son: el colesterol elevado, reacciones adversas por mordeduras de serpientes o picaduras de insectos, problemas inflamatorios, efectos depurativos, entre otros. Sin embargo, su uso no se encuentra sustentado o regulado por ningún tipo de estudio que justifique su eficiencia en tratamientos médicos de dichos padecimientos. Por tal motivo, el objetivo de nuestro trabajo es identificar los compuestos activos con la finalidad de elaborar una ficha técnica de *Randia monantha Benth* que permita visualizar las posibles aplicaciones en tratamientos médicos; con la finalidad de lograrlo se llevaron a cabo una serie de experimentos, entre ellos un tamiz fitoquímico, para la identificación de metabolitos secundarios, tales como: terpenoides, esteroides, saponinas, taninos, por mencionar algunos, a los que se les acreditan efectos positivos para el ser humano.

**Palabras clave:** *R. monantha Benth*, identificación, compuestos activos, tamiz fitoquímico, metabolitos secundarios.

## Antecedentes

Los tratamientos mediante medicina alópata generan secuelas derivadas por las características de elaboración y estabilidad del medicamento. Es importante recalcar que la industria farmacéutica actualmente controla la producción y costos de estos, donde este último, es un factor relevante, ya que los grupos vulnerables no tienen acceso a una gran gama de fármacos. Lo anterior, ha generado que diferentes investigadores se den a la tarea de realizar estudios sobre los compuestos activos presentes en diferentes plantas y hortalizas, especialmente endémicas de la región, con el fin de establecer tratamientos alternativos libres de secuelas y de costo asequible para cualquier estrato social. Actualmente la industria farmacéutica controla el uso, la producción y el costo de medicamentos que además de tener efectos secundarios dañinos para quien los consume, su adquisición es difícil para los grupos vulnerables. El presente trabajo busca promover el estudio científico de la herbolaria presente en el entorno de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz (UTCV) con el fin de identificar sus compuestos activos, lo que permitirá su aplicación para tratamientos médicos de manera pertinente y asertiva, haciéndolo más eficiente. Así mismo se podrán reducir costos haciendo su adquisición más fácil para los grupos vulnerables.

*R. Monantha* es un árbol de hasta 6 m o más de alto, posee hojas del mismo tamaño agrupadas en espolones, de forma elíptica, de 6 a 12 cm de largo y 2 a 5 cm de ancho, delgadas; con flores en las puntas de las ramitas, de 3 a 5 cm de largo, en forma de trompeta (Grupo Mesófilo, 2006). El tronco tiene cáscaras estriadas en pequeñas secciones deleitándose con una corteza interna verde (fotosintética).

Los frutos son de forma globosa de aproximadamente 4 a 7 cm de diámetro, con unos pequeños “mechones” del cáliz en su parte superior (Enquist et al., 2001). Tiene una cáscara gruesa, al secarse se torna oscura, con muchas semillas. Florece de mayo a junio y fructifica de enero a marzo (Grupo Mesófilo, 2006).

Las plantas y partes de este árbol son utilizadas tradicionalmente desde épocas ancestrales sólo basado en conocimiento empírico de diferentes comuni-

dades que ha sido transmitido de generación en generación, este conjunto de conocimientos forma parte de lo que hoy se conoce como medicina tradicional y ha contribuido enormemente a la salud humana.

El fruto de *R. monantha Benth* es conocido comúnmente como crucetillo en varias localidades del estado, es consumido en forma de licor, el cual es preparado con aguardiente, para contrarrestar el efecto de mordeduras de animales ponzoñosos como la serpiente nauyaca (*Bothrops asper*), además de otras propiedades medicinales tales como: antidiabéticas, analgésicas, antiinflamatorias y contra el cáncer. En Veracruz *R. monantha Benth* es una de las 140 especies de frutos silvestres comestibles endémicos del estado que comúnmente se conocen como de campo o de monte.

Especies del género *Randia* son ampliamente utilizadas en la herbolaria medicinal ya que poseen diversas actividades farmacológicas; por lo que se han consumido con fines alimenticios y fines medicinales. En base a esto actualmente se ha incrementado el interés por el estudio de estas plantas como fuentes de antioxidantes naturales debido a numerosos estudios epidemiológicos que han demostrado que el consumo de frutas y vegetales está asociado con la reducción del riesgo a desarrollar enfermedades crónicas tales como cáncer, desórdenes cardiovasculares y diabetes.

Actualmente no se encuentra mucha información en la literatura acerca del estudio de las propiedades del crucetillo, a continuación, se nombran algunas de las cuales no sirven como referencia de nuestro trabajo de investigación.

En un previo estudio realizado por parte de Naida Juárez (2017) titulado “Evaluación de las propiedades fisicoquímicas, antioxidantes e identificación de compuestos fenólicos bioactivos de crucetillo (*Randia monantha Benth*)” se enfoca en la evaluación de las propiedades fisicoquímicas y antioxidantes e identificar los compuestos bioactivos de pulpa y semilla seca de los frutos de *R. monantha*; mediante la caracterización física del fruto, la caracterización fisicoquímica de pulpa y semilla, así como la evaluación antioxidante e identificación de compuestos fenólicos bioactivos por cromatografía de líquidos de ultra alta resolución y espectrometría de masas (UPLC-MS) de los extractos acuoso, etanólico y metanólico de pulpa y semilla seca; dentro de los resultados obtenidos destacan: la identificación de compuestos activos, por ejemplo:

- Vitamina C
- Antioxidantes
- Grupos fenólicos

- $\beta$ -caroteno
- Ácido linoleico
- Alcaloides
- Saponinas

La presencia de estos compuestos explicaría las propiedades curativas observadas en la botánica, tales como, antimicrobianas, diuréticas, antihipertensivas, antiinflamatorias, tónico-venosas, disminución del colesterol y depurativas. De manera empírica se concluyó que también se pueden tratar padecimientos como la fiebre, detención de hemorragias, diarrea, disentería, heridas dérmicas e inflamaciones.

Una vez cosechado el fruto por lo general es mezclado con aguardiente de caña, introduciendo de 3 a 7 piezas dejándose reposar y macerar durante algunos días para su posterior uso.

La maceración en frío es un método de extracción sólido-líquido donde la materia vegetal contiene los principales compuestos activos; una de las grandes ventajas de este método de extracción es la pureza del extracto resultante, ya que, al no someterse al calor, no existe ningún peligro de que estos se degraden por otro lado, es un proceso que requiere de cierto tiempo, ya que existen plantas donde es más difícil extraer los compuestos de interés.

Un previo estudio a cargo de Víctor M. Álvarez (2015) reportó el uso de *Randia aculeata* L. como agente coadyuvante al tratamiento contra picadura de las serpientes de *Bothrops asper* (Garman, 1884) y *Crotalus simus* (Latreille In Sonnini & Latreille, 1801), en dicho trabajo se llevó a cabo la obtención del extracto mediante la técnica de maceración en frío dado que es la que más se aproxima a su uso tradicional.

Las plantas producen una gran variedad de compuestos bioactivos y metabolitos secundarios como medio de defensa al ataque de insectos, microorganismos y de adaptación a ambientes adversos (temperatura, humedad, intensidad de luz, sequía, etc). Durante muchos años estos compuestos se han usado principalmente para la fabricación de medicamentos y preservación de alimentos, entre algunas otras aplicaciones.

Los metabolitos secundarios son compuestos químicos sintetizados a partir de excedentes del metabolismo primario. Los productos provenientes del metabolismo primario (aminoácidos, carbohidratos, lípidos, ácidos nucleicos) participan directamente en el crecimiento y supervivencia de las plantas, pero los metabolitos secundarios

(como fenoles, terpenos, alcaloides) actúan como mediadores (aleloquímicos), interviniendo en las funciones de la planta o de los organismos con los que interacciona; en otras palabras, participan en las respuestas a innumerables variables. En consecuencia, la variación de las condiciones ambientales (incidencia de luz, precipitación y nutrientes) y de las interacciones bióticas (herbivoría, ataque por microorganismos, competencia por el espacio en suelo, los nutrientes o la luz) influyen en la síntesis de metabolitos secundarios.

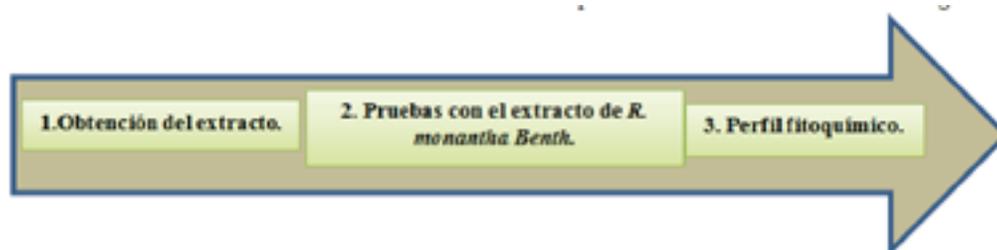
Yunuen Erandy Torres Zamudio (2018) con su trabajo titulado, “Caracterización estructural de los compuestos presentes en el extracto metanólico de las hojas de *Tradescantia spathacea*” nos brindó una metodología para poder hacer una caracterización estructural de los metabolitos secundarios existentes en el extracto de crucetillo.

### Objetivo(s)

Identificar los compuestos activos para elaborar una ficha técnica de *Randia monantha Benth* que permita visualizar las posibles aplicaciones alternativas en tratamientos médicos.

### Metodología

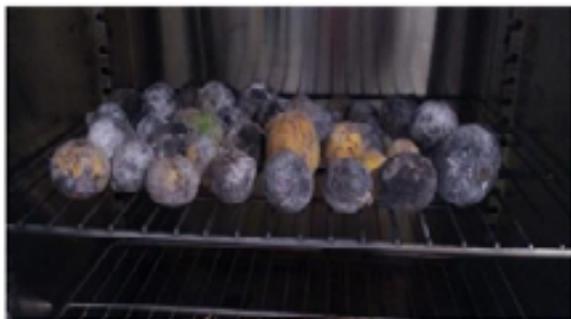
Este paso está resumido cómo se muestra a continuación analizando los puntos de manera más detallada a lo largo de este apartado.



## 1. Obtención del extracto por maceración en frío

El extracto se elaboró en la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

- Realizar una caracterización física del fruto, dentro de la cual se obtuvo; un peso total de 1.144 kg con un diámetro promedio de 3 cm y 5 cm.
- Secar la materia prima en un horno a 75°C durante 24hrs (Figura 1).



**Figura 1** *Secado de la materia prima.*

- Separar y pesar en tres diferentes grupos al fruto para su análisis (Figura 2).
  1. Cáscara
  2. Semilla
  3. Cáscara y semilla



**Figura 2** *Separación y pesado de la materia prima.*

- Triturar las muestras ya clasificadas (Figura 3).



**Figura 3.** Triturado de las muestras.

- Agregar dentro de un frasco ámbar 500 mL del solvente de interés e incorporar en cada recipiente el producto clasificado y triturado con anterioridad.
- Dejar reposar en un ambiente oscuro por un periodo mayor a 3 meses (Figura 4).



**Figura 4** Almacenado de muestra para su maceración.

- Pasado el tiempo, filtrar los extractos resultantes con ayuda de un papel filtro (Figura 5).



**Figura 5** Filtrado de los extractos resultantes.

- Proceder a destilar las muestras filtradas con ayuda de un rotavapor para tener un extracto lo mayormente posible libre de solvente (Figura 6).



**Figura 6** Destilado de las muestras.

## **2. Pruebas con el extracto de *R. monantha Benth.***

Cómo se ha mencionado anteriormente se tiene cómo conocimiento empírico diferentes padecimientos que trata el consumo de este fruto, pero dentro de ellos el inhibir los efectos secundarios causados por la mordedura de algunas serpientes es de mucho asombro, por lo que nos ha motivado a realizar pruebas de actividad coagulante. Para ello:

- Esterilizar el material y la zona en la que se van a realizar las pruebas.
- Ordenar los extractos y tubos de ensayo conforme al orden en que se van a realizar los ensayos (Figura 7).



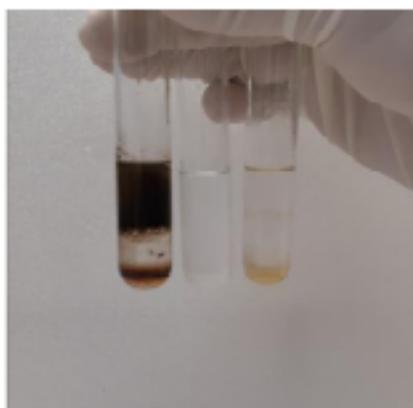
**Figura 7** Jeringas con el extracto concentrado y tubos de ensayo con muestras ordenadas.

- Extraer las muestras de sangre y agregar en cada tubo de ensayo 2mL de sangre.
- Esperar a que se forme el coágulo.
- Aplicar a los coágulos por triplicado los diferentes extractos en lapsos de 5 min dejando una muestra de referencia.

## **3. Perfil fitoquímico**

El desarrollo de un perfil fitoquímico permite identificar metabolitos secundarios presentes en el extracto de crucetillo, dichas pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio de Química Orgánica de la Universidad del Papaloapan campus Tuxtepec.

- Mantener a temperatura ambiente de 20°C
- Lavar y esterilizar el material a emplear.
- Tener preparado los diferentes reactivos para llevar a cabo las diferentes reacciones descritas en el manual proporcionado.
- Tomar evidencia de los resultados obtenidos (Figura 8)



**Figura 8** Reacción resultante por la presencia de flavonoides.

## Resultados y discusión

Con la finalidad de evaluar el efecto anticoagulante del extracto de crucetillo, se llevó a cabo un experimento sencillo para identificar el efecto que tiene el extracto sobre coágulos de sangre formados, a continuación, se muestran las fotografías previo y posterior al tratamiento (Figura 9-10).

En el caso de los coágulos tratados con el extracto a base de aguardiente de caña, se mostraban más líquidos en comparación con los que se trataron con extracto a base de alcohol etílico.



**Figura 9** Coágulos sin tratar después de 5 min    **Figura 10** Coágulos tratados con el extracto

Las pruebas realizadas, han confirmado el efecto anticoagulante de los extractos, no al punto de deshacer totalmente el coágulo, pero sí disminuye de tamaño posterior a ser tratado con el extracto en un lapso de 15 min.

*Tabla 1 Tamiz fitoquímico*

<b>Metabolitos</b>	<b>Extracto 1</b>	<b>Extracto 2</b>	<b>Extracto 3</b>
<b>Terpenoides</b>	Positivo	Negativo	Negativo
<b>Esteroides</b>	Positivo	Positivo	Positivo
<b>Glucósidos</b>	Negativo	Negativo	-----
<b>Saponinas</b>	Positivo	Negativo	Positivo
<b>Taninos</b>	Positivo	Negativo	Positivo
<b>Cumarinas</b>	-----	-----	-----
<b>Carbohidratos</b>	Positivo	Positivo	Positivo
<b>Proteínas</b>	Negativo	Negativo	Negativo
<b>Emodinas</b>	Negativo	Negativo	Negativo
<b>Flavonoides</b>	Positivo	Negativo	Positivo
<b>Alcaloides</b>	Negativo	Negativo	Negativo

Gracias al tamiz fitoquímico realizado (Tabla 1), se comprobó la presencia de metabolitos secundarios, tales como: terpenoides, esteroides, saponinas, taninos, carbohidratos y flavonoides; a los que se le acreditan efectos positivos para el ser humano, dentro de los cuales podemos encontrar la disminución de colesterol en el hígado y la sangre, antiinflamatorios, antibacterianos, antivirales, anticoagulantes, reduce la irritación, problemas en los sistemas digestivos y respiratorios, etc.

## Conclusiones

Al emplear distintos solventes para la elaboración del macerado, se puede confirmar que al usar el fruto completo se logra una sinergia y presenta mayor rendimiento en la obtención del extracto.

Mediante al tamiz fitoquímico se logró identificar la presencia de metabolitos secundarios, tales como: terpenoides, esteroides, saponinas, taninos, carbohidratos y flavonoides, a pesar de esta prueba no se pudo confirmar ni descartar la presencia de cumarinas debido al intenso color del extracto. Este último metabolito al entrar en contacto con ciertos hongos se transforma en dicumarol, responsable de llevar a cabo el proceso de anticoagulante y cuya presencia se confirmó mediante una prueba de coagulación, donde, se observó que los coágulos se disolvían, un indicativo de que el metabolito se encuentra presente en el fruto.

## Agradecimientos

Agradecemos a las siguientes instituciones para lograr los siguientes avances de la presente investigación:

A la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz y a la Universidad del Papaloapan, por prestarnos sus instalaciones y material necesario para llevar a cabo el desarrollo experimental.



## Referencias

- Naida, J.T. (2017). Evaluación de propiedades fisicoquímicas, antioxidantes e identificación de compuestos fenólicos bioactivos de crucetillo (*Randia monantha* Benth). Universidad Veracruzana.
- Zamudio, Y. E. (2018). Caracterización estructural de los compuestos presentes en el extracto metanólico de las hojas de *Tradescantia spathacea*. Universidad del Papaloapan.
- Ariana, H. (2017). Evaluación de la capacidad antioxidante y antiinflamatoria de frutos de *Randia sp* (crucetillo). Universidad del Papaloapan.
- Grupo Mesófilo A. C, (2006). Subproyecto: Delimitación e Inventarios para Conservación de Vegetación de Bosques Mesófilo y de Encino. México v. gr. 59
- Enquist J., J. Brian y J. J. Sullivan, 2001. Vegetative key and descriptions of tree species of the tropical dry forests of upland. Sector Santa Rosa, Área de Conservación Guanacaste, Costa Rica. Edit. JJS. Costa Rica, v. gr. 68 p
- Manuel., Á. L. V. (2015). Estudio de factibilidad técnico y económico de un agente coadyuvante al antídoto contra mordedura de serpientes de la especie *Bothrops asper* (Garman, 1884) y *Crotalus simus* (Latreille In Sonnini & Latreille, 1801) derivado del fruto de *Randia aculeata* L. Instituto Tecnológico de Veracruz.
- Badui D. S., (2006). Química de alimentos. Cuarta edición. Ed. Pearson Educación, México v. gr. 736 p.9
- Arrieta J. A., M. U. Banquero y J. L. Barrera, (2006). Caracterización fisicoquímica del proceso de maduración del plátano Papocho (*Musa ABB Simmonds*). Agronomía Colombiana.

# ESTUDIO TEÓRICO DE LA TEMPERATURA Y FUERZA IÓNICA SOBRE LA CONSTRUCCIÓN DE DIAGRAMAS DE PREDOMINIO DE ESTADOS PARA LOS POLISISTEMAS $\text{Ag}^+ - \text{Cl}^- - \text{H}^+ - \text{e}^-$ y $\text{Cu}^{2+} - \text{H}^+ - \text{Ox}^{2-} - \text{e}^-$ EN MEDIO ACUOSO



Arturo Pedroza-Rojas<sup>1</sup>, Jorge Ruvalcaba-Juárez<sup>2</sup>, Arturo-de-Jesús García-Mendoza<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México  
[314259749@quimica.unam.mx](mailto:314259749@quimica.unam.mx)

<sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México,  
[ruvalcaba@quimica.unam.mx](mailto:ruvalcaba@quimica.unam.mx), [arturogm@cuautitlan.unam.mx](mailto:arturogm@cuautitlan.unam.mx)



## Resumen

En este trabajo se llevó a cabo la búsqueda de los valores de las constantes de equilibrio termodinámicas a distintas temperaturas para los polisistemas  $\text{Ag}^+ - \text{H}^+ - \text{Cl}^- - \text{e}^-$  y  $\text{Cu}^{2+} - \text{H}^+ - \text{Ox}^{2-} - \text{e}^-$  para construir las superficies de  $\log\beta_n$  aparente mediante el cálculo de los coeficientes de actividad,  $\gamma_i$ , de las especies químicas partícipes en cada equilibrio químico, para los intervalos de  $4 \leq T(^{\circ}\text{C}) \leq 44$  y  $1 \times 10^{-6} \leq I[\text{molL}^{-1}] \leq 1.5$ . Se observó la importancia del comportamiento exotérmico o endotérmico de los equilibrios involucrados, así como un decremento general en el valor de la constante aparente al incrementar la fuerza iónica. Para ejemplificar la importancia de estos efectos, tanto en la investigación como en la docencia, se construyeron los diagramas de predominio de especies (DPE), y los diagramas de Pourbaix de los polisistemas procedentes en

condiciones de amortiguamiento múltiple, empleando una función continua y sin segmentación que considera la transición de estados a distintas condiciones operatorias de T y I. Se observó un notable desplazamiento y decremento en los valores de  $pK_{ps}$  así como del potencial estándar condicional ( $E^{\circ}$ ).

**Palabras clave:** Van't Hoff, Debye-Hückel, Equilibrio Químico, Amortiguamiento, Sistema heterogéneo.

### Antecedentes

El estudio del equilibrio químico y el comportamiento de polisistemas donde se ve involucrado el intercambio de más de una partícula tiene interés por las múltiples aplicaciones tecnológicas, como el desarrollo de electrodos de referencia, celdas de combustible, reactores, catálisis, entre otros, hasta su exposición en la docencia universitaria. Por ello es de suma importancia para el análisis químico conocer el comportamiento y efecto de los factores que influyen sobre el valor de la constante de equilibrio para un sistema químico asociado.

Desde el punto de vista de la termodinámica el equilibrio químico se define como:

$$\log \log K^* = - \frac{\ln \ln (10) RT}{\Delta G_r} \quad (1)$$

Donde es la energía libre de Gibbs asociada a una reacción química. Se observa que el logaritmo de una constante termodinámica presenta un valor fijo a una temperatura específica y fuerza iónica ( $I$ ) igual a cero, entendiéndose por fuerza iónica como un parámetro asociado a la cantidad de iones presente en el medio. Así, el cambio en el valor de la constante de equilibrio sólo será afectado por un cambio en la temperatura para un sistema a presión constante.

Luego entonces se puede definir a una constante de equilibrio aparente como aquel valor asociado a un sistema químico en equilibrio donde la fuerza iónica es distinta de cero. La relación entre la constante aparente y la constante termodinámica dada en términos de la ley de acción de masas a una temperatura de trabajo es la siguiente:

$$K^* = K_{ap} \prod_i^n \gamma_i^{\nu_i} \quad (2)$$

Donde  $n$  es el número de especies químicas en el equilibrio vinculado,  $\nu_i$  es el coeficiente estequiométrico de cada especie y  $\gamma_i$  es el coeficiente de actividad. En consecuencia, se puede conocer el valor de la constante aparente a cualquier fuerza iónica si se conoce previamente el valor de la constante termodinámica a la temperatura de trabajo. Para calcular el valor del logaritmo del coeficiente de actividad para cada especie se emplea el modelo extendido de Debye-Hückel (Gagliardi, 2007) que incorpora términos como la permitividad relativa del disolvente,  $\epsilon_r$ ; la densidad,  $\rho$ ; la carga de la especie,  $z_i$ ; el radio iónico,  $A_i$ , la temperatura,  $T$ ; y la fuerza iónica,  $I$ .

$$\log \log \gamma_i = \frac{(-1.824829238 \times 10^4) \rho^{\frac{1}{2}} (\epsilon_r T)^{-\frac{3}{2}} (z_i)^2 \sqrt{I}}{\left( 1 + \frac{50.29158649 \rho^{\frac{1}{2}}}{\sqrt{\epsilon_r T}} (A_i \sqrt{I}) \right)} \quad (3)$$

La docencia tradicional, en la enseñanza de la química analítica, nos presenta el paradigma de considerar que todos los equilibrios químicos que acontecen en disolución suceden a 25 °C y fuerza iónica nula. Esta aseveración deriva en situaciones en las que la descripción sobre el sistema de estudio queda sobre simplificada. En el presente trabajo se recopiló información termodinámica previamente reportada para los polisistemas de estudio  $\text{Ag}^+ - \text{H}^+ - \text{Cl}^- - e^-$  y  $\text{Cu}^{2+} - \text{H}^+ - \text{Cl}^- - e^-$ , para obtener una descripción del valor de las constantes de equilibrio aparentes como función de la temperatura y la fuerza iónica para aplicarlas en la construcción de diagramas de predominio de especies (DPE) y concientizar sobre los diferentes escenarios que se pueden presentar ante ligeras diferencias de  $T$  o  $I$ .

## Objetivo

Presentar las superficies de  $\log \beta_n$  evaluadas en intervalos concretos de temperatura y fuerza iónica para analizar el efecto de estas variables sobre los Diagramas de Pre-

dominio de Estados de los polisistemas  $\text{Ag}^+ - \text{H}^+ - \text{Cl}^- - \text{e}^-$  y  $\text{Cu}^{2+} - \text{H}^+ - \text{Cl}^- - \text{e}^-$  y eventualmente advertir las diferencias sutiles que podrían derivar de una situación sobre simplificada de las constantes de equilibrio.

## Metodología

Uno de los parámetros importantes a considerar dentro del modelo extendido de Debye-Hückel es el radio iónico,  $A_i$ , que se estimó por aproximación numérica, empleando la herramienta Solver incorporada a MS Excel®, comparando distintos valores de constantes aparentes y tomando como punto de partida los radios iónicos de las especies químicas convenientes (Shannon, 1976) realizando un ajuste de ecuación 2 y la ecuación 3 para cada equilibrio químico.

En algunas fuentes consultadas se encontraron expresiones explícitas para  $A_i$ ; sin embargo, en otros casos la información requerida es escasa. En este último escenario se usaron las funciones termodinámicas asociadas a los equilibrios de interés como la entalpía (H) y la entropía estándar ( $S^\circ$ ) para determinar un conjunto mínimo de constantes y alimentar el modelo. Así, cuando se carece de valores de constantes termodinámicas a distintas temperaturas, se emplea la ecuación (4), deducida en este trabajo:

$$\log \log K_2 = A \ln \ln (T_2) + B \left( \frac{1}{T_2} \right) + C \quad (4)$$

Donde:

$$A = \frac{\Delta C_p}{\ln \ln (10) R} \quad B = \frac{(T^\circ \Delta C_p - \Delta H_r^\circ)}{\ln \ln (10) R} \quad C = \log K_1 - \frac{(\Delta C_p) \ln \ln (T^\circ) + (T^\circ \Delta C_p - \Delta H_r^\circ) \left( \frac{1}{T^\circ} \right)}{\ln \ln (10) R}$$

Estas expresiones pueden ser evaluadas con los datos reportados para una temperatura específica y sus parámetros termodinámicos correspondientes.

Los Diagramas de Predominio de Estados, DPE (Rojas-Hernández, 1993) se construyeron mediante la incorporación de una función continua que considera al coeficiente de especiación química en medio heterogéneo de las especies precipitadas

a distintas condiciones operatorias de T y I. Esta expresión fue originalmente deducida para su aplicación en líquidos iónicos y aplicable a disolventes moleculares anfipróticos como el agua (García - Mendoza, 2019).

$$\log \log s' = \log \log C_0 + \log \log \left( \frac{\alpha_{M(H)}}{\underline{\alpha}_{M(H)}} \right) \quad (5)$$

En dónde  $\alpha_{M(H)}$  es el coeficiente de especiación homogéneo de la especie M en función del protón y,  $\underline{\alpha}_{M(H)}$ , es el coeficiente de especiación en medio heterogéneo de la especie M en función del protón.

Finalmente, el cálculo de cuantitatividad de la precipitación se realizó a través de la ecuación (6).

$$q\% = \left( 1 - \frac{\varepsilon}{C_0} \right) \cdot 100 \quad (6)$$

Dónde q% es el porcentaje de precipitación,  $\varepsilon$  es la fracción soluble y  $C_0$  es la concentración inicial del catión metálico en cuestión.

## Resultados y discusión

La construcción de las superficies de  $\log \beta_n$  aparente en función de T y I, se llevó a cabo mediante el cálculo de los coeficientes de actividad de las especies químicas partícipes en cada equilibrio, usando el modelo de Debye-Hückel, como se observa en la Figura 1, de manera ejemplificada, para la hidrólisis heterogénea de los cationes en estudio.

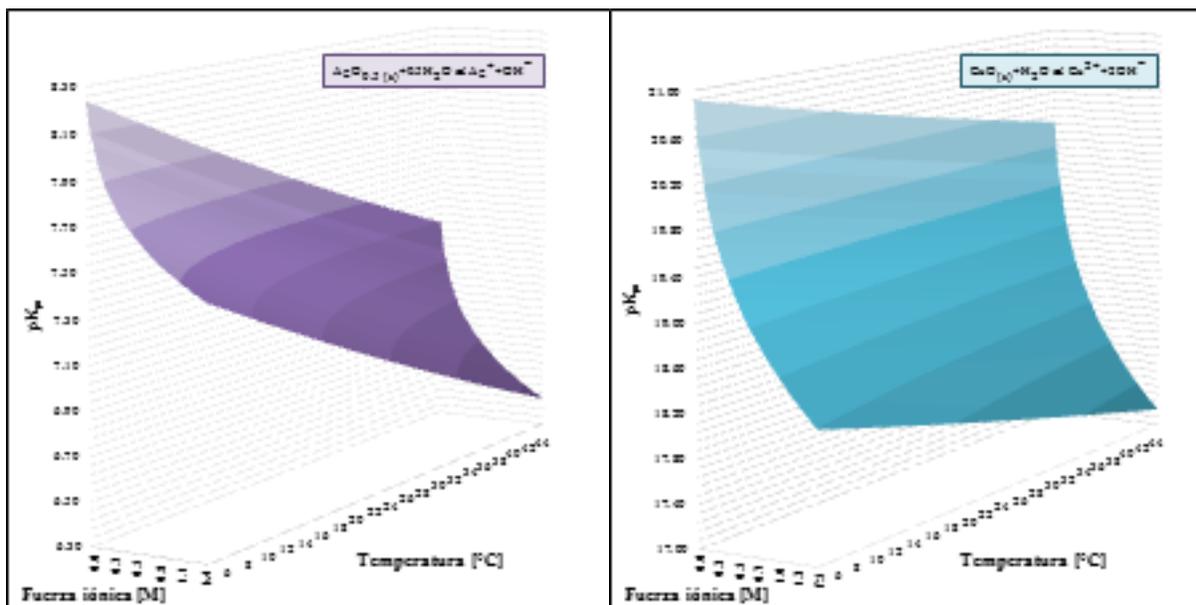


Fig. 1. Superficie para la variación de  $pK_{ps}$  en función de la  $T$  y la  $I$ . Izquierda: Valores de  $\log\beta_n$  para el equilibrio  $AgO_{0.5(s)} + 0.5H_2O \rightleftharpoons (Ag^+) + OH^-$ . Derecha: Valores de  $\log\beta_n$  para el equilibrio  $Cu(OH)_{2(s)} \rightleftharpoons (Cu^{2+}) + 2OH^-$

Para el caso del sistema de plata(I), la superficie presenta un descenso en el valor  $pK_{ps}$  a medida que aumenta la fuerza iónica, esto se debe a que, al enriquecer el medio iónico, el equilibrio comienza a desplazarse en el sentido de reactivos ya que hay un mayor número de iones presentes en los reactivos. En el caso del sistema de cobre(II), el aumento en la fuerza iónica ocasiona un decremento en el valor del  $K_{ps}$ , esto se debe a que, a pesar de que la carga total en reactivos y productos es igual, el número de iones presentes en productos es mayor, por lo que el equilibrio se desplaza en este sentido. Por otro lado, el decremento o incremento de la  $pK_{ps}$  con la temperatura nos indica el tipo de proceso que se lleva a cabo, para ambos sistemas, el decremento en la constante de equilibrio a medida que aumenta la temperatura sugiere que involucra un proceso exotérmico.

En la Figura 2 se presenta el DPE a distintos valores de temperatura y en la Figura 3, para distintos valores de fuerza iónica. Se observa, que no existe una interrupción abrupta del valor de  $\log s'$  en las inmediaciones del pH de inicio de precipitación como ocurre cuando se utilizan funciones por segmentación acotadas por las deltas de Kronecker.

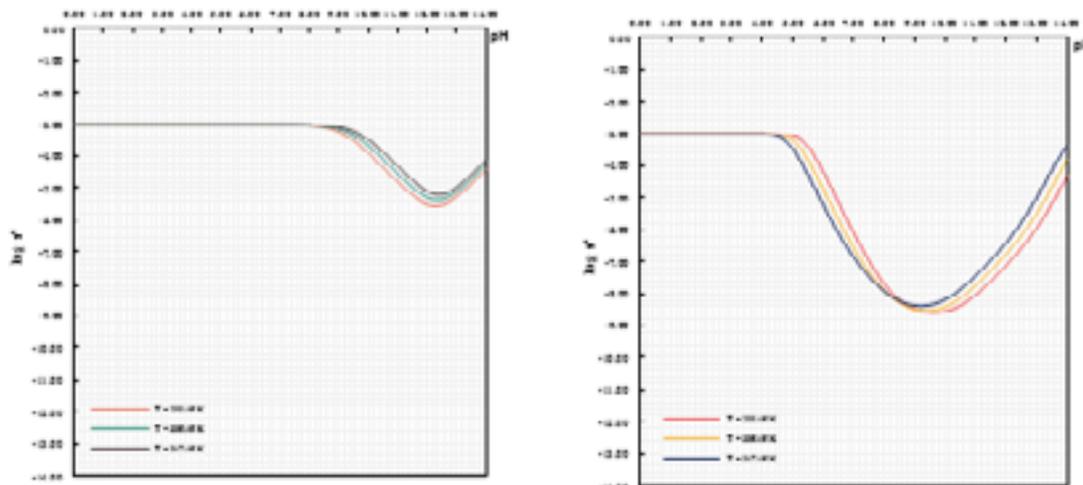


Fig. 2. DPE de  $\log(s')$  vs. pH. Izquierda: Equilibrio generalizado  $\text{AgO}_{0.5(s)} + 0.5\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons (\text{Ag}^+)' + \text{OH}'$ . Derecha: Equilibrio generalizado  $\text{Cu}(\text{OH})_{2(s)} \rightleftharpoons (\text{Cu}^{2+})' + 2\text{OH}'$ . Se consideraron distintos valores de temperatura y valores constantes de  $I = 1 \times 10^{-6} \text{ mol L}^{-1}$  y  $C_0 = 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ .

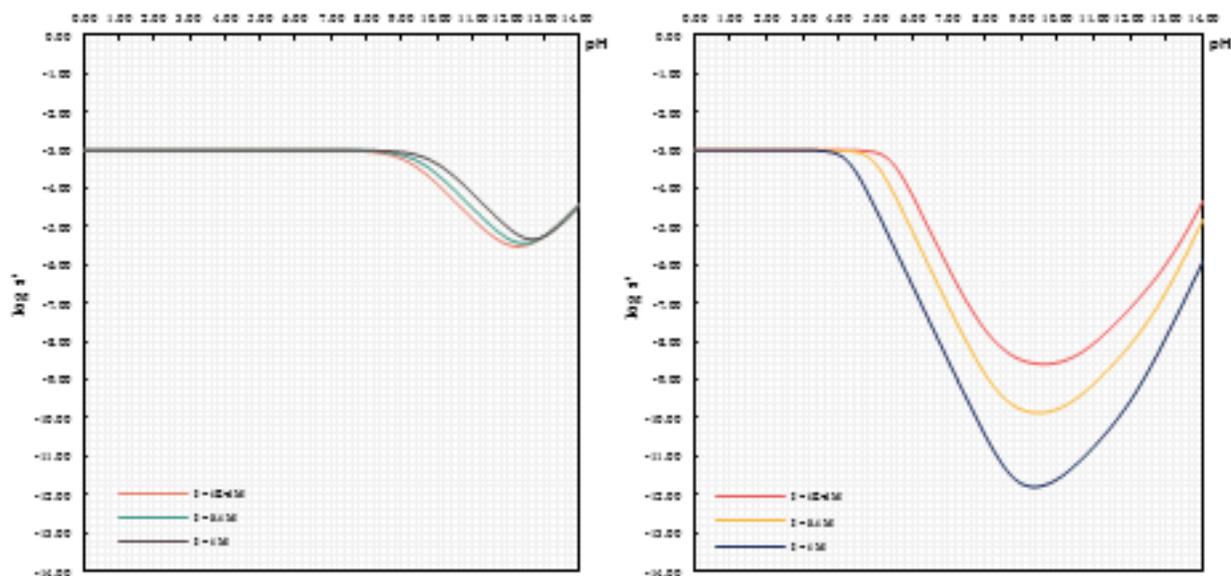


Fig. 3. DPE de  $\log(s')$  vs. pH. Izquierda: Equilibrio generalizado  $\text{AgO}_{0.5(s)} + 0.5\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons (\text{Ag}^+)' + \text{OH}'$ . Derecha: Equilibrio generalizado  $\text{Cu}(\text{OH})_{2(s)} \rightleftharpoons (\text{Cu}^{2+})' + 2\text{OH}'$ . Se consideraron distintos valores de fuerza iónica y valores constantes de  $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $C_0 = 10^{-3} \text{ mol L}^{-1}$ .

El sistema de plata(I) presenta una función proporcional en función de la temperatura, pues a medida que esta aumenta, el valor del  $K_{ps}$  comienza a disminuir, visto desde otra perspectiva, la entidad  $AgO_{0.5(s)}$  comienza a ser cada vez más soluble. Por otro lado, al aumentar el valor de la fuerza iónica el diagrama comienza a recorrerse; sin embargo, se observa que el valor del pH de precipitación cada es mayor, lo que significa que el precipitado tiene una menor predominancia en la escala de pH.

Para el sistema de cobre(II), a primera vista, se puede apreciar que la fuerza iónica presenta un mayor impacto en los DPE, pues el incremento de este parámetro ocasiona que la especie  $CuO_{(s)}$  presente una menor solubilidad y en consecuencia, predominará en un mayor intervalo de pH.

En la Tabla 1 se presenta la cuantitatividad de la precipitación a un pH conveniente para este fenómeno.

Tabla 1. Cálculo del porcentaje de cuantitatividad a  $pH=12.5$  para  $Ag^+$  y  $pH=9.5$  para  $Cu^{2+}$ .

T [K]	I [mol L <sup>-1</sup> ]	Ag <sup>+</sup>		Cu <sup>2+</sup>	
		q%	ε [mol L <sup>-1</sup> ]	q%	ε [mol L <sup>-1</sup> ]
293.15		99.68	10 <sup>-5.49</sup>	99.99	10 <sup>-8.58</sup>
305.15	1x10 <sup>-6</sup>	99.54	10 <sup>-5.33</sup>	99.99	10 <sup>-8.51</sup>
317.15		99.35	10 <sup>-5.19</sup>	99.99	10 <sup>-8.35</sup>
	1x10 <sup>-6</sup>	99.68	10 <sup>-5.49</sup>	99.99	10 <sup>-8.58</sup>
293.15	0.1	99.63	10 <sup>-5.43</sup>	99.99	10 <sup>-9.86</sup>
	1.0	99.50	10 <sup>-5.30</sup>	99.99	10 <sup>-11.78</sup>

Dado que en el valor de porcentaje de precipitación del sistema de  $Cu^{2+}$  no se aprecia un cambio notable, se dispone a comparar el valor de la fracción soluble (ε). En el sistema de plata(I) la mayor influencia sobre el porcentaje de precipitación y la fracción soluble se debe a la variación de la temperatura, mientras que, para el sistema de cobre(II), la mayor influencia se debe al cambio de fuerza iónica.

## Conclusiones

Las superficies construidas muestran que la constante de equilibrio aparente para el producto de solubilidad de  $\text{AgO}_{0.5(s)}$  es inversamente proporcional a la temperatura y la fuerza iónica, mientras que, para  $\text{CuO}_{(s)}$  tiene dependencia directamente proporcional a ésta. Los DPE presentan una dependencia de la temperatura y la fuerza iónica, siendo este último parámetro operacional el que muestra un mayor impacto en el desplazamiento y ensanchamiento de los diagramas.

Para tener una descripción de cualquier sistema multicomponente en términos de equilibrio químico, es necesario considerar los parámetros operacionales como la temperatura y la fuerza iónica, ya que estos modifican la forma de los diagramas e intervalos de predominio de especies.

## Agradecimientos

Al Programa de Maestría y Doctorado en Ciencias Químicas de la UNAM y al CONACyT por el apoyo económico otorgado con CVU 1099976.



## Referencias

Ekberg, C. and Brown, L. P. (2016). Hydrolysis of Metal Ions. 1 and 2, 917.

Burgot, J.-L. (2012). Ionic Equilibria in Analytical Chemistry (1st Edition). Springer & Business Media.

Shannon, B. Y. R. D., H, M., Baur, N. H., Gibbs, O. H., Eu, M. & Cu, V. (1976). Revised Effective Ionic Radii and Systematic Studies of Interatomic Distances in Halides and Chalcogenides. *Acta. Cryst*, 32, 751–767. <https://doi.org/10.1107/S0567739476001551>.

Rojas-Hernández, A., Ramírez, M. T. & González, I. (1993). Equilibria among condensed phases and a multi component solution using the concept of generalized species. Part II. Systems with polynuclear species. *Analytica Chimica Acta*, 278(2), 335–347. [https://doi.org/10.1016/0003-2670\(93\)85117-3](https://doi.org/10.1016/0003-2670(93)85117-3).

García-Mendoza, A. & Aguilar-Cordero, J. C. (2019). Silver(I) chlorides speciation and its relationship to the design, construction and evaluation of true  $\text{Ag}_{(s)}/[\text{AgCl}_n]^{1-n}$  reference electrodes for their use in bis(trifluoromethylsulfonyl)imide room temperature ionic liquids. *Electrochimica Acta*, 302, 344–351. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2019.02.029>.

# ELABORACIÓN DE GEL ANTISÉPTICO A BASE DE *CALENDULA OFFICINALIS* Y NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE TITANIO DECORADAS CON PLATA



Josué Uriel Montaña Martínez \*, Iridian Michel Bautista Guzmán, Sandra Ivett Pérez  
López, Juan Manuel Padilla Flores

Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, [juan.padilla@utcv.edu.mx](mailto:juan.padilla@utcv.edu.mx)



## Resumen

El tamaño nanométrico confiere la habilidad para penetrar distintas membranas biológicas, incrementando la eficacia para el uso de tratamientos y combate de enfermedades. Las personas son susceptibles a presentar infecciones cutáneas derivadas por el incremento de agentes contaminantes presentes en el medio ambiente y a microorganismos (bacterias y hongos) los cuales tienen contacto directo con la piel. El objetivo de este proyecto es elaborar un gel antiséptico a base de *Calendula officinalis* y nanopartículas de  $\text{TiO}_2/\text{Ag}$  3% obtenidas por el método de fotodeposición para generar una sinergia que incremente sus efectos antimicrobianos y fungicidas para su aplicación. Las nanopartículas de dióxido de titanio fueron decoradas con plata. Las pruebas antimicrobianas se realizaron en medios in vitro. Se logró la erradicación de los microorganismos, el gel presentó actividad antimicrobiana, la cual es favorecida al aumentar la concentración de nanopartículas y materiales involucrados como el extracto de *Calendula officinalis* y  $\text{TiO}_2/\text{Ag}$  3%.

**Palabras clave:** óxido de titanio, antiséptico, *Calendula officinalis*, nanopartículas, medios *in vitro*, plata.

### Antecedentes

Existen productos desarrollados en base a innovación y aplicación en distintos campos de investigación, la mayoría de estos campos dan paso a involucrar ciencias emergentes, así manteniendo una evolución constante. La nanociencia y la nanotecnología ofrecen amplias posibilidades de nuevos usos y tecnologías aplicables. Estos nanomateriales no quedan exentos de mantener relación con compuestos orgánicos, tanto en sus posibles métodos de síntesis como en su aplicación, dando cabida a posibles productos que presenten ventajas económicas y ambientales en su producción.

La problemática que se planea resolver es que las personas somos seres susceptibles para padecer infecciones en nuestro tejido vivo, ya que la piel se encuentra totalmente expuesta a microorganismos que pueden resultar infecciosos. Se trate de un accidente, picaduras de insecto, heridas infectadas, etc., también se es requerido el uso de antisépticos para casos clínicos como enfermedades y tratamiento de heridas de primer grado.

Tan solo en México, se tiene un problema relacionado con la epidemiología de las heridas. El Ministerio de Salud, en el año 2018 (Gao, 2018), mencionó las características epidemiológicas y costos de atención de heridas de las unidades médicas y personas afectadas de la zona, debido a que el precio de los antisépticos supone altos costos para el tratamiento de heridas agudas y crónicas. Se estima que el 26.6% de la población mexicana tiene lesiones traumáticas y el 23.4% corresponde a úlceras de pie diabético. Ciertamente, en casos de mínima gravedad, tratamientos antisépticos simples pueden ser suficientes para cumplir el objetivo planteado, aunque cabe mencionar sus costos en cuestión calidad-precio. Pero, visualizando problemas de una dificultad mayor es necesaria la aplicación de antisépticos de una alta capacidad bactericida y fungicida. Además, de la necesidad de generar productos con estas capacidades a un menor costo para permitir su adquisición a un mayor número de personas.

El autor (Anjali John et al., 2021) realizó un proyecto junto con sus colaboradores bajo la premisa de síntesis verde de nanopartículas de plata utilizando como agente

reductor el extracto de la hoja de *Parkia biglandulosa* para pruebas antibacterianas. Dentro del proceso de prueba y aplicación de nanopartículas en el proyecto, nos encontramos con limitaciones, la principal de estas es la actual pandemia que impide el desarrollo del proyecto como lo establece el método científico. Además de la dificultad de identificar la especie de los microorganismos crecientes en los medios de cultivo bacterianos.

## Objetivo

Elaborar un gel antiséptico a base de *Calendula officinalis* y nanopartículas de  $\text{TiO}_2/\text{Ag}$  3% obtenidas por el método de fotodeposición para generar una sinergia que incremente sus efectos antimicrobianos y fungicidas para su aplicación.

## Parte experimental

### Materiales

En la Tabla 1 se muestran los materiales requeridos para la síntesis de nanopartículas de  $\text{TiO}_2/\text{Ag}$  3%, mientras que en la Tabla 2 se registran los materiales involucrados en el proceso de elaboración del gel donde se incorporarán las nanopartículas.

**Tabla 1.** Registro de materiales utilizados para la síntesis de nanopartículas.

Nombre	Fórmula química	Especificaciones
Nitrato de plata	$\text{AgNO}_3$	Marca Sigma-Aldrich. Pureza: 99.9% Estado: Sólido
Titania P25 Degussa	$\text{TiO}_2$	Estado: Sólido
Etanol	$\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$	Pureza: 98.9% Estado: Líquido
Ácido Clorhídrico	$\text{HCl}$	Marca: Sigma-Aldrich Pureza: 36.5%-38% Estado: Líquido Inflamable

**Tabla 2.** Materiales utilizados para la elaboración del gel.

Materiales	Cantidad
Etanol	80% - 90%
Extracto de <i>C. officinalis</i>	Máximo 10%
Carbopol	0.5 – 1 g
Glicerina	Máximo 0.5 g
Trietanolamina	1 – 2 mL

## Métodos

Obtención de extracto acuoso de *Calendula officinalis*:

Para obtener el extracto acuoso de la planta se vertieron porciones de 250 g de las ramas secas de las hojas de *C. officinalis* en un recipiente que contenía 2 L de agua hervida, y se cerró herméticamente la tapa del recipiente durante 4 horas. A continuación, se filtró el contenido del recipiente, y el líquido restante se puso al baño María para que se evaporara (Zhang et al., 2021).

*Difracción de Rayos X:*

La técnica de caracterización de Difracción de rayos X es una técnica de caracterización que permite el estudio de estructuras cristalinas de materiales sólidos, tanto naturales como sintéticos. Se analizan sus parámetros de red y tamaño de cristal con un fino haz de rayos X monocromático, el cual se hace pasar por el sistema colimador que incide sobre la muestra (Ramírez et al., 2013).

*Preparación de medios de cultivo:*

La preparación del medio de cultivo consiste en disolver en agua destilada siguiendo las instrucciones de las sustancias termolábiles, se esterilizan por filtración y se añaden al resto de los componentes después de que estos hayan sido previamente esterilizados en autoclave y enfriados a temperatura ambiente o a 40-50 °C si se trata de medios con

agar. Antes de su esterilización los medios líquidos se reparten en los recipientes adecuados como es el caso de los matraces. Si es un medio sólido y se ha de distribuir en tubos o en matraces será necesario fundir el agar en baño María u horno microondas, una vez fundido y homogenizado, se distribuye en caliente a los tubos o matraces se tapa y se esteriliza en autoclave.

Una vez finalizada la esterilización los medios se dejaron enfriar a temperatura ambiente, hasta adquirir una consistencia gelatinosa, de color marrón, como se observa en la Figura 1. Las placas de Petri se preparan vertiendo el medio fundido y estéril dentro de ellas y en un ambiente aséptico (por ejemplo, en la proximidad de la llama de un mechero Bunsen) es conveniente homogeneizar el medio en el transcurso de la operación para evitar que el agar sedimente en el fondo del recipiente.



**Figura 1.** Medios de cultivo *in vitro*

#### *Elaboración de gel a base de alcohol y Calendula officinalis:*

Para la elaboración del gel se colocaron 90 mL de etanol en un recipiente amplio que permitiera mezclar correctamente los materiales con un globo. Se añadieron 0.70 g de carbopol pasándolo por un colador fino y se agitó fuertemente. Una vez que se aprecia la incorporación del carbopol se añaden 0.25 g de glicerina pura y se continúa agitando suavemente. Cuando no se aprecien grumos en la mezcla se agregan 10 mL de extracto de *C. officinalis* mientras se agita suavemente y procedemos a añadir 1 mL de trietanolamina gota a gota sin dejar de agitar. El resultado se conservó en un lugar fresco y seco.

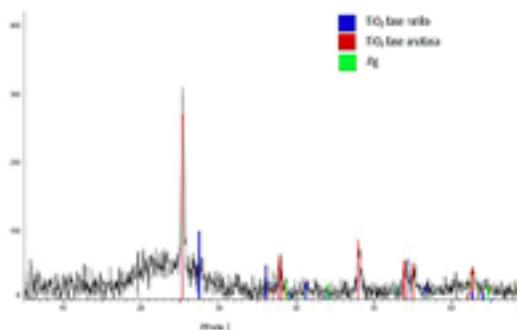
### *Incorporación de nanopartículas TiO<sub>2</sub>/Ag 3% al gel:*

Se separaron tres muestras de 50 mL para añadir e incorporar las nanopartículas. Se pesaron las cantidades de nanopartículas de TiO<sub>2</sub>/Ag 3% y en la primera muestra se añadieron 0.0125 g (Concentración de 0.25 g/L), en la segunda muestra se añadieron 0.025 g (Concentración de 0.5 g/L) y en la tercera se añadieron 0.05 g (Concentración de 1 g/L). Para su incorporación en el gel, al añadirse se comenzó agitando con un agitador esterilizado hasta tener una mezcla homogenizada, para después pasar por un proceso de sonicación durante 20 min. Se aprecia que el color del gel resulta entre un color anaranjado y rosa, el cual se intensifica a mayor concentración.

## Resultados y discusión

### *Caracterización por DRX:*

La difracción de rayos X fue realizada a temperatura de 450 °C durante 1 hora, usando un difractómetro de siemens D-5000 con radiación de CuK $\alpha$ 1 y un haz de grafito monocromador. La intensidad fue medida por un escaneo en el intervalo de 2 $\theta$  entre 10° y 70°. Los espectros de difracción resultantes de las muestras presentan los picos característicos correspondientes a las fases cristalinas de anatasa y rutilo, morfologías características del óxido de titanio. Con respecto al recubrimiento de óxido de titanio y plata se observó que los picos son característicos de materiales de tamaño de partícula en escala nanométrica. Como se muestra en el difractograma de la Figura 2, la muestra de nanopartículas de TiO<sub>2</sub> decoradas con plata al 3% se encontró la fase cristalina anatasa tetragonal con su grupo espacial de I41/amd (141) y fase rutilo tetragonal con su grupo espacial P42/mnm (136), con plata cúbica con su grupo espacial Fm-3m (225).



**Figura 2.** Difractograma de rayos X de la muestra de nanopartículas TiO<sub>2</sub>/Ag 3%

Prueba antimicrobiana del gel con nanopartículas  $\text{TiO}_2/\text{Ag}$  3% incorporadas.

Para las pruebas *in vitro*, se utilizaron cuatro medios, los cuales constan de uno para cada prueba de la concentración de nanopartículas  $\text{TiO}_2/\text{Ag}$  3% que son 1 g/L, 0.5 g/L y 0.25 g/L, y una prueba de gel blanco, la cual consta de la preparación de gel a base de etanol sin añadir extracto de *C. officinalis* ni nanopartículas. En las muestras se puede apreciar una marcada diferencia entre la tonalidad de las muestras con el compuesto bioactivo y el blanco, mientras que entre ellas el cambio de tonalidad es levemente perceptible.

Los ensayos consistieron en que una vez crecieron las colonias de bacterias, se añadió una dosis de gel (aproximadamente 0.3g-0.5g) con un filamento estéril en el centro de la placa, y se registró constantemente el diámetro del área desinfectada medido en milímetros. En la Tabla 3 se presenta el registro del área desinfectada para cada una de las muestras con el paso del tiempo. El gel antiséptico sin compuestos añadidos (Blanco) presenta una actividad inhibitoria derivada de la base de etanol ante las colonias crecidas en el agar.

**Tabla 3.** Registro del área desinfectada al agregar gel en distintas concentraciones de  $\text{TiO}_2/\text{Ag}$  3%.

Concentración de la muestra	Registro de área desinfectada (en mm)				
	Tiempo	1 h	3 h	8 h	22 h
<b>Blanco</b>		0.9 mm	1.5 mm	3.9 mm	7.8 mm
<b>0.25 g/L</b>		1.2 mm	2.3 mm	5.5 mm	9.3 mm
<b>0.5 g/L</b>		1.8 mm	2.8 mm	7 mm	13.5 mm
<b>1 g/L</b>		2.3 mm	3.5 mm	9 mm	15.5 mm

El gel antiséptico tiene un contenido del 10% de extracto de *Calendula officinalis*, y se puede observar que mientras aumenta la concentración de las nanopartículas de óxido de titanio decoradas con plata, aumenta la actividad antimicrobiana del gel. Esto debido a la sinergia que ocurre entre los efectos antisépticos del etanol, demostrados en la primera prueba, sumados a los efectos del extracto de *C. officinalis* y las nanopartículas de  $\text{TiO}_2/\text{Ag}$  3%.

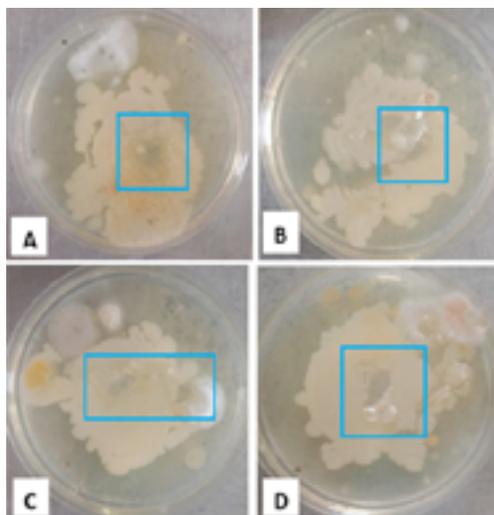
La prueba total fue de 22 horas, donde todas las pruebas tuvieron éxito en la erradicación de los microorganismos, pero, cabe destacar, la superior eficiencia del gel al tener incorporadas las nanopartículas en las primeras horas de prueba. Ciertamente

los mejores resultados los proporcionó la muestra de mayor concentración, pero al ver una simple relación entre resultados y concentración, la muestra más efectiva para casos más cotidianos fue la de 0.5 g/L, tomando en cuenta un menor uso de compuestos químicos sintéticos, beneficiando tanto la parte biológica, como la económica.

En las Figuras 3A, 3B, 3C y 3D se muestra la actividad antimicrobiana del gel sobre las colonias presentadas en las placas petri después de las pruebas de inhibición, y como se registró en la Tabla 3, las áreas desinfectadas son de distintos tamaños dependiendo la concentración. El gel mantiene una eficiencia estable posterior a varios días de almacenamiento, ya que las pruebas de inhibición *in vitro* se realizaron una semana después a su elaboración, lo que es indicio de que, durante su incorporación y almacenamiento, hubo una dispersión de nanopartículas en el gel.

Existe cierta irregularidad en la forma que adopta el área desinfectada, esto es debido a que la infusión del producto antimicrobiano no es regular como lo serían infusiones de disco, por ejemplo. Es por esta situación que las áreas desinfectadas toman esta apariencia.

Con estos resultados y discusiones, realizados bajo la premisa de utilizar un material como la titania (óxido de titanio) en escala nanométrica e independiente a su morfología para ser incorporado a un gel hecho a base de etanol y extracto de la planta *Calendula officinalis*, y realizar pruebas que sometan sus cualidades, se puede dar paso a las conclusiones de este trabajo.



**Figura 3.** Colonias de bacterias después de 22h de prueba antiséptica. Blanco(A), 0.25g/L(B), 0.5g/L(C), 1g/L(D).

## Conclusiones

La técnica de difracción de rayos X nos corrobora la Presencia del  $\text{TiO}_2$  en la fase anatasa y rutilo, y en el caso del catalizador con 3% en peso de Plata la presencia de picos característicos a la plata metálica.

Las nanopartículas  $\text{TiO}_2/\text{Ag}$  3% mantienen sus propiedades dentro del gel a base de alcohol y extracto de *Calendula officinalis*, y las nanopartículas no presentaron segregación dentro del gel.

En base a los resultados en las pruebas de inhibición, se muestra que el gel presenta actividad antimicrobiana, la cual se ve favorecida al aumentar la concentración de nanopartículas, y debido a los materiales involucrados en el gel, como el extracto de *Calendula officinalis* y  $\text{TiO}_2/\text{Ag}$  3%.

Existe una sinergia entre éstos que permite una mayor eficiencia del producto final conforme aumenta la concentración de nanopartículas de  $\text{TiO}_2/\text{Ag}$  3%.

## Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz (UTCV) por permitir el uso temporal de la infraestructura con las medidas de sanidad necesarias.



## Referencias

- Anjali J.S, Velayudhannair, A., Krishnamoorthy, G. (2021). Anti bacterial and biocompatibility properties of green synthesized silver nanoparticles using *Parkia biglandulosa* (Fabales:- Fabaceae) leaf extract. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 4, 100112. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2021.100112>
- Gao, S., Zhao, I., Duffin, S., Duangthip, D., Lo, E., & Chu, C. (2018). Revitalising Silver Nitrate for Caries Management. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(1), 80. <https://doi.org/10.3390/ijerph15010080>.
- Ramírez Olivares, M., García Patiño, J., Ortiz Islas, E., & López Goerne, M. (2013). *NANOMEDICINA CATALÍTICA: CIENCIA Y CÁNCER* (110-142). México: Arkhé Ediciones.
- Zhang, Y., Mahdavi, B., Mohammadhosseini, M., Rezaei-Seresht, E., Paydarfard, S., Qorbani, M., Karimian, M., Abbasi, N., Ghaneialvar, H., & Karimi, E. (2021). Green synthesis of NiO nanoparticles using *Calendula officinalis* extract: Chemical characterization, antioxidant, cytotoxicity, and anti-esophageal carcinoma properties. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(5), 103105. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103105>

ELABORACIÓN DE GEL ANTISÉPTICO A BASE DE COMPUESTOS  
BIOACTIVOS DE *ORIGANUM VULGARE* Y *ALOE VERA*  
ENCAPSULADOS EN NANOPARTÍCULAS DE  $\text{SiO}_2$  Y  $\text{ZnO-SnO}_2$  PARA  
SU LIBERACIÓN CONTROLADA



*Guadalupe Luna Cedillo\**, *Moisés Amado Cabrera Cruz*,  
*María Sherlynee Martínez Miranda*,  
*Juan Manuel Padilla Flores*

Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz  
[20193j101019@utcv.edu.mx](mailto:20193j101019@utcv.edu.mx), [juan.padilla@utcv.edu.mx](mailto:juan.padilla@utcv.edu.mx)



## Resumen

El presente proyecto tuvo como finalidad elaborar un gel antiséptico a base de compuestos bioactivos de *Origanum vulgare* y *Aloe vera* incorporado con nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{ZnO-SnO}_2$ , para obtener un amplio espectro de acción bactericida y virucida. Actualmente, en México, la crisis sanitaria provocada por el SARS-CoV-2 impacto de manera significativa a las familias mexicanas, ya que la higiene y desinfección es la principal preocupación de los mexicanos. Esta problemática, genera que la población adquiera geles antisépticos con menor espectro de acción, para reducir los gastos respecto al consumo de productos de desinfección. Las nanopartículas de  $\text{ZnO}$  presentan propiedades antimicrobianas, que en conjunto con las nanopartículas de  $\text{SnO}_2$ , las cuales tienen propiedades fotocatalíticas, generan una sinergia. Asimismo, las propiedades liberadoras de las nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  presentan una mejor actividad antimicrobiana en función al gel antiséptico a base de compuestos bioactivos de *Origanum vulgare* y *Aloe vera*.

**Palabras clave:** antisépticos, nanopartículas, bactericida, virucida y compuestos bioactivos.

## Antecedentes

La nanotecnología es el estudio y desarrollo de sistemas en escala nanométrica (1 nm es equivalente a  $10^{-9}$ m), en la que se observan propiedades y fenómenos totalmente nuevos, que se rigen bajo las leyes de la mecánica cuántica, estas nuevas propiedades son las que los científicos aprovechan para crear nuevos materiales (nanomateriales) o dispositivos nanotecnológicos. Ortiz Aguilar (2019) explica que los nanomateriales se pueden presentar de forma natural, sin embargo, también se encuentran los nanomateriales manufacturados, los cuales son diseñados intencionalmente con propiedades específicas (mecánicas, eléctricas, ópticas y catalíticas), estos nanomateriales pueden presentarse en forma de nano-objetos, materiales que se caracterizan por tener una, dos o tres dimensiones externas en la nanoescala.

Las nanopartículas de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SnO}_2$  y  $\text{ZnO}$  son materiales nanoestructurados que se han estudiado por sus propiedades, en la que se encuentra la acción antibacteriana. Para la fabricación de estos nanomateriales se han utilizado distintos métodos de síntesis, ya sean químicos o físicos, los cuales proporcionan buenas propiedades.

En México, la crisis sanitaria provocada por el SARS-CoV-2 impacto de manera significativa a las familias mexicanas, ya que la tasa de desempleo en México aumentó, lo que indica una lenta recuperación de la economía del país. La población mexicana, aplica medidas sanitarias para evitar el contagio en sus hogares, se estima un incremento de uso de geles antisépticos en las viviendas. Sin embargo, ante la crisis sanitaria, los precios de los sanitizantes, como los geles antisépticos se elevaron, ya que la higiene y desinfección es la principal preocupación de los mexicanos. Esta problemática, genera que la población adquiera geles antisépticos con menor espectro de acción, para reducir los gastos respecto al consumo de productos de desinfección. Por otra parte, existe una problemática relacionada con la epidemiología de heridas en México. El sector de salud (2018) menciona las características epidemiológicas y costos a la atención de heridas en unidades médicas, como también para la población afectada en este ámbito, ya que los precios de los antisépticos presentan costos elevados para el tratamiento de

heridas agudas y crónicas. Se estima que un 26.6 % de la población mexicana presenta lesiones traumáticas, y un 23.4 % corresponde a las úlceras de pie diabético.

## Objetivo

Elaborar un gel antiséptico a base de compuestos bioactivos de *Origanum vulgare* y *Aloe vera*, incorporado con nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{ZnO-SnO}_2$ , que permita tener un amplio espectro bactericida y virucida para ser utilizado como una medida sanitaria y mejorar la acción antimicrobiana frente a microorganismos presentes en heridas.

## Parte experimental

### **Obtención del extracto acuoso de *Origanum vulgare***

Se recolectaron las hojas de *Origanum vulgare*, en la carretera federal de Fortín, Ver. Se seleccionaron las hojas completas y libres de plaga. Posteriormente se lavaron con abundante agua del grifo y las hojas fueron secadas mediante deshidratación durante 6 h a 40°C en un horno ahumador. Una vez secas, se molieron en una trituradora. El material triturado fue sometido a extracción continua con etanol a 95% mediante el método Soxhlet. Finalmente se realizó una destilación simple, para obtener el extracto puro.

### **Obtención del extracto de *Aloe vera***

Se recolectaron las hojas de *Aloe vera*, las cuales se seleccionaron de forma homogénea y representativa en forma, tamaño y color, desechando aquellas que presentaran daños u otras alteraciones. El lavado de las hojas de *Aloe vera* se realizó en un baño con agua e hipoclorito de sodio, para eliminar microorganismos. Una vez que las hojas estuvieron lavadas y secadas, se cortaron de manera longitudinal sobre una bandeja, seguidamente con una cuchara, se raspó suavemente el mucilago hasta quedar completamente separado del parénquima cortical, posteriormente se almacenó el gel en recipientes herméticos.

**Preparación de las Nanopartículas de SiO<sub>2</sub>**

Se colocaron 400 mL de agua destilada y el tensoactivo en una agitación de 700 rpm durante 5 min. Posteriormente se agregaron por goteo 16 mL de NH<sub>4</sub>OH, dejando agitar la solución por 10 min. Se elevó la temperatura a 95°C, dejando reaccionar por una agitación constante a 700 rpm. Para mantener la temperatura, se montó un sistema de baño de arena. Después se dejó enfriar el producto a temperatura ambiente. Se centrifugó a 15,000 rpm durante 15 minutos con tres lavados de una solución etanol-agua (1:1). Una vez obtenido, se añaden 15 mL del extracto de *Origanum vulgare*, dejando reposar la mezcla. Posteriormente, la mezcla se colocó en un baño de agua a 40°C hasta obtener una consistencia pastosa. Se calcinó a 400°C durante 1h. Al finalizar el proceso de obtención de nanopartículas, se obtuvo un material seco de color verde claro.

**Preparación de las Nanopartículas de SnO<sub>2</sub>**

Se añadieron 2 g de cloruro de estaño (SnCl<sub>2</sub> · 2H<sub>2</sub>O), utilizado como precursor de estaño en 42 mL del extracto de *Origanum vulgare* y se dejó en agitación hasta su completa disolución; obteniendo una mezcla. Posteriormente, la muestra se colocó en un baño de agua a 60°C hasta obtener una consistencia pastosa. Después se calcinó a 400°C durante 60 min. Al final del proceso, se obtuvo un material seco de color gris claro.

**Preparación de las Nanopartículas de ZnO**

Se disolvieron 2 g de Nitrato de zinc en 50 mL de agua destilada en un vaso de precipitado con agitación constante durante 10 min, utilizando un agitador magnético. Después de agitar, se añadieron 5 mL del extracto de *Origanum vulgare*. La mezcla se calentó de 60°C a 90°C. El color de la solución resultante cambió de un blanco transparente a una pasta de color verde claro que confirma la formación de NPs de ZnO. La pasta obtenida se transfirió a un crisol de cerámica y se mantuvo en un horno de mufla calentado a 400°C durante 2h. El polvo resultante se utilizó para una caracterización y elaboración del gel antiséptico.

## Caracterización de las nanopartículas

### *Análisis de espectroscopia UV-Vis*

Se utilizó un espectrofotómetro UV-Visible para confirmar la formación de las nanopartículas de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{SnO}_2$  y  $\text{ZnO}$ . El espectro de UV-Vis de las muestras se realizó en espectrofotómetro Perkin Elmer, en el rango de 200 a 800 nm.

### *Preparación del gel antiséptico base*

Se disolvieron 2 g de carbopol en 120 mL de alcohol en un vaso de precipitado con una agitación menor a 150 rpm. Posteriormente se agregó 2 mL de glicerina, manteniendo una agitación constante. Cuando la mezcla se homogenizó, se agregó 1 mL de trihidroxietilamina. Finalmente, cuando el gel obtuvo consistencia, se envasó.

### *Preparación de gel antiséptico a base de extractos naturales y nanopartículas*

Se disolvieron 2 g de carbopol en 120 mL de alcohol en un vaso de precipitado con una agitación menor a 150 rpm. Posteriormente se agregó 2 mL de glicerina, manteniendo una agitación constante. Cuando la mezcla se homogenizó, se agregó 1 mL de trihidroxietilamina y 5 mL del extracto de *Aloe vera*. Después cuando el gel obtuvo consistencia, se envasó. Para impregnar las nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{ZnO} - \text{SnO}_2$ , se utilizó un sonicador con una duración de 30 min. Finalmente, se dejaron reposar las muestras de los geles.

### *Preparación de medios de cultivo*

En la preparación de los medios de cultivo utilizando agar nutritivo, se rehidrató 23 g del medio en 1L de agua destilada. Posteriormente se dejó reposar durante 10 a 15 min. Una vez que reposó, se calentó a una agitando constante hasta el punto de ebullición durante 1 min para disolverlo por completo. Después se esterilizó en autoclave a  $121^\circ\text{C}$  durante 15 min. En los medios de cultivo de peptona de caseína, se rehidrató 20 g del medio en 1 L de agua destilada. Posteriormente se dejó reposar de 15 a 20 min. Una vez que reposó, se calentó agitando constantemente hasta el punto de ebullición durante 2 min para disolverlo por completo. Después se esterilizó en autoclave a  $121^\circ\text{C}$  durante 17 min. Una vez finalizada la esterilización, los medios se vertieron

en cada una de las cajas petri correspondientes, donde se dejaron enfriar a temperatura ambiente. Finalmente se etiquetaron los medios para ser utilizados en otras pruebas.

### ***Determinación de la actividad antimicrobiana***

Para analizar la actividad antimicrobiana del gel antiséptico a base de extractos con la incorporación de nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{SnO}_2 - \text{ZnO}$ , se realizaron métodos de difusión en disco, donde se utilizaron las especies de bacterias gram positivas y gram negativas. Los discos estériles cargados con diferentes concentraciones de solución de las nanopartículas (1 mg/ mL), se mantuvieron asépticamente en medio de placas petri, previamente limpiadas con una solución de caldo de bacterias de prueba. Además, se utilizó el gel antiséptico base como control positivo, mientras que se utilizó las muestras del gel antiséptico a base de extracto naturales con la incorporación de nanopartículas como controles negativos. Se puntuó la actividad antimicrobiana en las zonas claras que rodean los discos correspondientes.

## **Resultados y discusión**

### ***Nanopartículas de $\text{SiO}_2$***

Las nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  se analizaron utilizando la espectroscopia UV-Vis, entre 300 a 800 nm. En la Figura 1, se observa el pico de absorbancia de estas nanopartículas a 350 nm, debido a su resonancia de plasmón de superficie.

### ***Nanopartículas de $\text{SnO}_2$***

El análisis de la espectroscopia UV-Vis se desarrolló a temperatura ambiente. El espectro de absorción de las nanopartículas de  $\text{SnO}_2$  se registró en un rango de longitud de onda entre 200 a 800 nm. En la Figura 2, se observa el pico de absorbancia de las nanopartículas de  $\text{SnO}_2$  a 260 nm. El valor de energía de la banda prohibida es de 2.84 eV

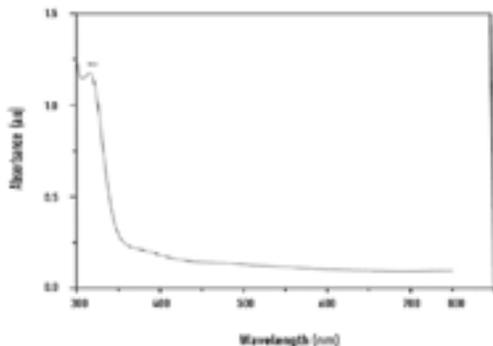


Figura 1. Espectro nanopartículas de  $\text{SiO}_2$

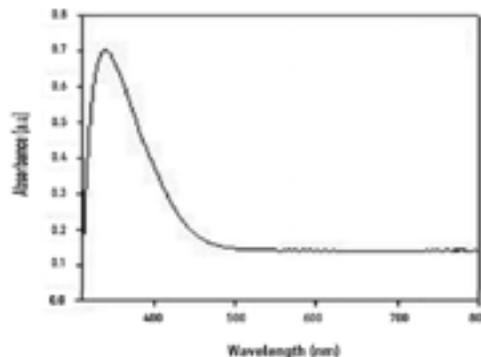


Figura 2. Espectro nanopartículas de  $\text{SnO}_2$

### Nanopartículas de ZnO

La confirmación del extracto de *Origanum vulgare* de las nanopartículas de ZnO se observó por el cambio de color de un blanco a verde claro. En la Figura 3, se muestra el espectro UV de las nanopartículas de ZnO sintetizadas. El pico de absorbancia se encuentra a 354 nm, debido a la resonancia de plasmón de superficie de estas nanopartículas.

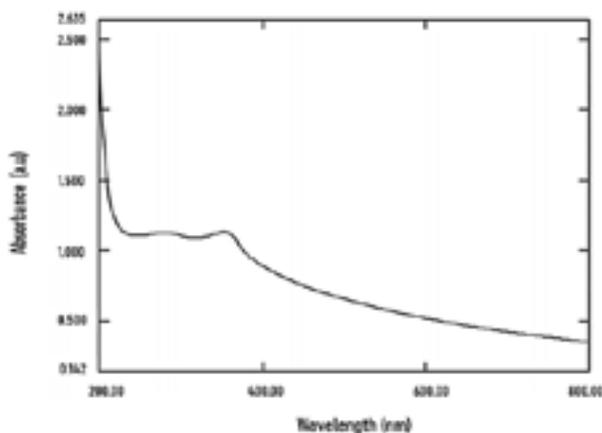


Figura 3. Espectroscopia de UV-Vis de las NPs de ZnO

*Determinación de la actividad antimicrobiana del gel antiséptico*

Las nanopartículas utilizadas para la elaboración del gel antiséptico debido a sus propiedades antimicrobianas son utilizadas en diversas aplicaciones. En el presente estudio, se utilizó la prueba de difusión en disco de agar para medir la eficiencia del gel antiséptico a base de extractos naturales con la incorporación de las nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{ZnO} - \text{SnO}_2$  contra bacterias gram negativas y gram positivas. La zona de inhibición se analizó por el método de difusión de disco durante 4 h con las nanopartículas correspondientes, mediante el uso de diferentes concentraciones para la elaboración del gel antiséptico.

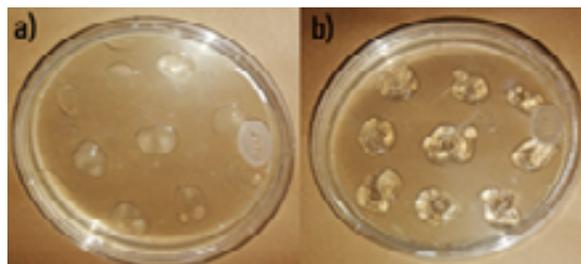


Figura 4. Evidencia de la actividad antimicrobiana

En la Figura 4, se observa la actividad antimicrobiana de las muestras del gel antiséptico, en el caso de la Figura 4(a) se puede determinar que el gel base presenta una actividad antimicrobiana superficial ante las bacterias gram negativas, por otra parte, en la Figura 4(b), se puede observar la actividad antimicrobiana del gel antiséptico a base de extractos naturales con la incorporación de las nanopartículas de  $\text{ZnO-SnO}_2$ . Al comparar la actividad antimicrobiana de las muestras correspondientes del gel antiséptico base con el gel antiséptico a base de los extractos naturales con la incorporación de nanopartículas, la muestra del gel antiséptico con 0.5 g/L de nanopartículas de  $\text{ZnO-SnO}_2$ , demostró mejor efecto antimicrobiano ante los medios de cultivos correspondientes a las bacterias gram negativas y gram positivas, esto se atribuye a la gran proporción de área de superficie a volumen de las nanopartículas utilizadas, proporcionando un mejor contacto inhibitorio de los microorganismos. Las propiedades antimicrobianas de las nanopartículas, interactúan con los microorganismos, mediante la adhesión a la superficie de las membranas celulares de las bacterias, penetrando y afectando la permeabilidad de las membranas bacterianas.

En las Tablas 1 y 2, se registraron el tamaño del diámetro desinfectada utilizando el gel antiséptico a base de extractos naturales con la incorporación de nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  y  $\text{ZnO} - \text{SnO}_2$

**Tabla 1.** Registro del diámetro del área desinfectada de las NPs de  $\text{ZnO-SnO}_2$

Registro de área desinfectada (mm)				
	1 h	2 h	3 h	4 h
Blanco	5 mm	6 mm	7 mm	8 mm
0.25 g / L	5 mm	7 mm	9 mm	11 mm
0.5 g / L	9 mm	10 mm	15 mm	17 mm
1 g / L	10 mm	11 mm	14 mm	17 mm

En la Tabla 1, se encuentran los registros respecto al diámetro del área de desinfección, utilizando las nanopartículas de  $\text{ZnO-SnO}_2$  en las muestras de gel antiséptico. El registro del área de desinfección se registró en milímetros. Como se puede observar en la tabla, el gel antiséptico sin los componentes bioactivos del extracto de *Origanum vulgare* y *Aloe vera* con la incorporación de las nanopartículas a diferentes concentraciones, presento un área inferior respecto a las muestras del gel antiséptico incorporado por extractos naturales ya mencionados y nanopartículas de  $\text{ZnO-SnO}_2$ . El estudio para evaluar la efectividad del gel antiséptico tuvo una duración de 4 h, donde las muestras presentaron una efectividad para disminuir los microorganismos presentes en los medios de cultivo de gram negativas y gram positivas.

La muestra con la concentración de 0.5 g/L, presento una mayor efectividad en la actividad antimicrobiana en bacterias gram negativas y gram positivas. Sin embargo, las muestras con la concentración de 1 g/L de nanopartículas de  $\text{ZnO-SnO}_2$  de la misma manera presento una mayor efectividad, no obstante, no existía una gran diferencia respecto a las muestras con una concentración de 0.5 g/L, es por ello que se analizó que esta concentración permite una liberación prolongada de los compuestos bioactivos de los extractos de *Origanum vulgare* y *Aloe vera*.

En la Tabla 2, se encuentra el registro correspondiente a la evaluación antimicrobiana del gel antiséptico a base de los componentes bioactivos del extracto de *Origanum vulgare* y *Aloe vera* con diferentes concentraciones de las nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  respecto al gel antiséptico sin componentes, el cual fue considerado como blanco.

La muestra que presento una mejor efectividad para la reducción de microorganismos fue la que tenía la concentración de 1 g/L de nanopartículas de  $\text{SiO}_2$  con los compuestos bioactivos del extracto de *Origanum vulgare* y *Aloe vera*. Sin embargo, esta muestra no presento la misma efectividad tanto con las gram negativas respecto a las gram positivas.

**Tabla 2.** Registro del diámetro del área desinfectada de las NPs de  $\text{SiO}_2$

Registro de área desinfectada (mm)				
	1 h	2 h	3 h	4 h
Blanco	5 mm	6 mm	7 mm	8 mm
0.25 g / L	5 mm	6 mm	8 mm	9 mm
0.5 g / L	5 mm	7 mm	8 mm	10 mm
1 g / L	6 mm	8 mm	9 mm	11 mm

## Conclusiones

La espectroscopía de UV-Vis confirmo la formación de las nanopartículas de  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$  y  $\text{SnO}_2$ .

El estudio de la actividad antimicrobiana demostró que el gel antiséptico a base del extracto de *Origanum vulgare* y *Aloe vera* con la incorporación de 0.5 g/L de nanopartículas de  $\text{ZnO} - \text{SnO}_2$  desarrollo una sinergia, incrementando la eficiencia de la actividad antimicrobiana debido a sus propiedades fotocatalíticas, permitiendo la reducción de bacterias gram negativas y gram positivas.

El carácter liberador de  $\text{SiO}_2$  puede observarse a través del incremento del área de inhibición con respecto a la liberación de los extractos de *Origanum vulgare* y *Aloe vera* con el transcurso del tiempo.

Por lo anterior, se concluye que las propiedades antisépticas del alcohol, como también de los extractos de *Origanum vulgare* y *Aloe vera*, el carácter liberador del  $\text{SiO}_2$ , asimismo, las propiedades fotoactivas de  $\text{ZnO-SnO}_2$ , presentan una sinergia dando como resultado una mejor actividad antimicrobiana.

## Agradecimientos

Agradecemos a la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, por todo el apoyo brindado y por permitirnos el uso de su infraestructura para desarrollar este proyecto. Asimismo, le agradecemos al Dr. Vicente Rodríguez González del Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C. (IPICYT), como también al Dr. Francisco Javier Tzompantzin Morales del departamento de Química de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM).

## Referencias

Ortiz Aguilar, J. E. (2019). *Actividad antimicrobiana de nanopartículas cerámicas sintetizadas por un método verde para uso en aplicaciones biomédicas*. [Tesis de grado, Universidad Autónoma de Occidente]. <https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11795/T08856.pdf?sequence=6&isAllow>



# ESTUDIO TEÓRICO DE LA ADSORCIÓN DE MOLÉCULAS SOBRE CORONENE TIPO GRAFENO



*Cinthy Susana Olmedo Martínez, Fabián Armando Rodríguez Velasco,  
Sandy María Pacheco Ortín, Esther Agacino Valdés\**

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan, Universidad Nacional Autónoma de México  
[cinthya.qfesc@gmail.com](mailto:cinthya.qfesc@gmail.com), [eagacino@unam.mx](mailto:eagacino@unam.mx)*



## Resumen

Se modeló la adsorción de varias moléculas sobre la molécula de coronene ( $C_{12}H_{24}$ ) semejando una hoja de grafeno; se utilizó el formalismo de la Teoría de Funcionales de la Densidad (TFD) con el cual se calcularon las energías de adsorción y se analizó la contribución de estos grupos funcionales al proceso de adsorción del Piroxicam. Estas moléculas representaban a los fragmentos presentes en el Piroxicam. El estudio se realizó con el objetivo de explorar el uso del grafeno como material soporte para la adsorción y posible degradación de fármacos contaminantes de aguas residuales; entre los fármacos que han sido de interés como contaminantes se encuentran los fármacos antiinflamatorio no esteroroideos, siendo el piroxicam, uno de los más utilizados y una molécula de interés en nuestro estudio. Como resultado del estudio realizado se encontró que la molécula con la de mayor energía de adsorción fue  $C_6H_5-(SO_2OH)$ ; este fragmento contiene dos átomos de oxígeno y uno de nitrógeno los cuales favorecen la interacción con la hoja de coronene. La adsorción de todas las moléculas fue un proceso favorable, y la interacción con la hoja de coronene se mantuvo a distancias entre 2.5 y 3.5 Å, indicando fuerzas intermoleculares de London.

**Palabras clave:** Adsorción, Coronene, Grafeno, Contaminantes Emergentes, Fármacos

## Antecedentes

Los productos farmacéuticos se han vuelto indispensables para la salud y el bienestar de las personas, pero unido a su creciente utilización, también comienzan a aparecer como desechos contaminantes de las aguas, lo cual puede impactar en los ecosistemas, afectando la vida de la fauna marina. Por ello, las principales vías de entrada de estos fármacos en el medio ambiente acuático son las aguas residuales, entre las que se incluyen las urbanas, hospitalarias, industriales y las de origen agrícola o ganadero (BIO Intelligence Service, 2013).

En la actualidad, una alternativa que ha surgido para la remediación de estos contaminantes son los procesos de oxidación avanzada (POAs) al posibilitar la oxidación en un amplio rango, de estos residuos (Giannakis, 2015; el reto más importante en la actualidad para los POAs es lograr la eliminación de estos contaminantes totalmente, consiguiendo su mineralización, es decir, su transformación a  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , sales o ácidos inorgánicos, todo ello a temperatura y presión cercana al ambiente. Dentro de los POAs, una parte importante es el uso de materiales soportes, lo cual favorece la adsorción del fármaco contaminante y puede ser el inicio de su degradación antes de entrar en contacto con el oxidante.

Como es conocido, el grafeno está formado por una sola capa de átomos de carbono, conformando una red cristalina bidimensional de tipo hexagonal, en forma de panel de abeja, con un átomo de carbono en cada vértice de la red. Los enlaces covalentes de tipo  $\sigma$  y  $\pi$ , le confieren a este material a la vez, una elevadísima resistencia mecánica, propiedades conductoras derivada de la elevada movilidad electrónica en su estructura y una gran capacidad para adsorber moléculas sobre su superficie; éstas últimas propiedades han sido aprovechadas en la fabricación de sensores y biosensores de alta sensibilidad, para la detección de gases, moléculas orgánicas y biomoléculas. Particularmente, el grafeno también ha comenzado a utilizarse para la adsorción y posible degradación de fármacos contaminantes de aguas residuales (Al-Khateeb et al., 2014; Khalil, 2020); entre los fármacos que han sido de interés como contaminantes se encuentran los fármacos antiinflamatorios no esteroroideos (AINES) de amplia comercialización, y dentro de este grupo la familia de los oxicams, siendo el piroxi-

cam, uno de los más utilizados y una molécula de interés en nuestro estudio. El Piroxicam es un compuesto químico interesante debido a que posee cuatro diferentes heteroátomos (O, N, S) que serían sitios accesibles para la interacción con el grafeno, además de un anillo bencénico condensado a un anillo de benzotiazina; pero también, es una molécula con una fórmula global  $C_{15}H_{13}N_3O_4S$ , por lo que está constituida por 36 átomos y 118 electrones de valencia. Por ello, siendo nuestro interés a mediano plazo, modelar a la molécula de piroxicam, adsorbida sobre una hoja de grafeno, se decidió realizar previamente, el presente estudio exploratorio, para evaluar la energía de adsorción de moléculas más pequeñas que el Piroxicam, pero conteniendo alguno de sus grupos funcionales; la adsorción de estas moléculas o fragmentos moleculares, brindará información sobre el comportamiento de las diversas partes de este fármaco en el proceso de adsorción sobre el grafeno.

## Objetivo

Modelar la adsorción de varias moléculas con grupos funcionales o fragmentos moleculares presentes en el Piroxicam, sobre la molécula de coronene ( $C_{12}H_{24}$ ) semejando una hoja de grafeno; para ello, se utilizará el formalismo de la Teoría de Funcionales de la Densidad (TFD) (Levine, 2001) con el cual podrán calcularse las correspondientes energías de adsorción y analizar así, la contribución de estos grupos funcionales al proceso de adsorción del fármaco.

## Metodología

### *Modelado Molecular*

La hoja de grafeno fue modelada simulando una estructura tipo coronene, un hidrocarburo aromático policíclico compuesto de anillos aromáticos tipo benceno, con 24 átomos de carbono y fórmula global de  $C_{24}H_{12}$ , como se muestra en la figura 1. Esta estructura ya ha sido utilizada como referencia de una hoja de grafeno por varios autores, para estudiar la adsorción de hidrógeno atómico (Jeloaica, L; Sidis, V., 1999) y molecular (Okamoto, Y. Miyamoto, Y., 2001) y también de la molécula de agua sobre una variante de coronene *tipo BN*, (Chigo Anot, E., Salazar-Villanueva, M., 2009), es decir, constituido de átomos de Boro y Nitrógeno.



**Figura 1.** (a) Esquema del coronene

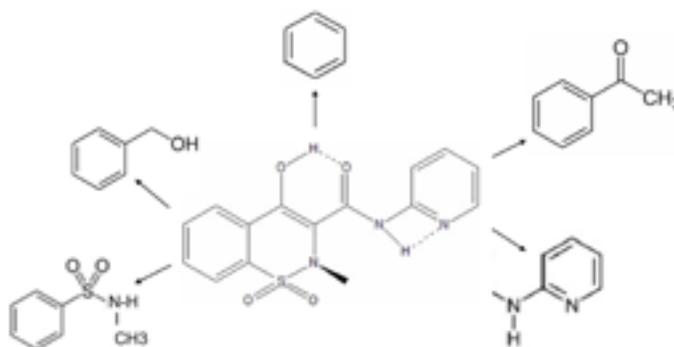
(b) Geometría optimizada del coronene

La Figura 2 ilustra en un esquema, las 5 moléculas utilizadas como adsorbato, las cuales presentan algún grupo funcional o fragmento molecular presente en el Piroxicam; son estas:  $(C_6H_6)$ ,  $(C_6H_5-(COCH_3))$ ,  $(C_5NH_4-(NHCH_3))$ ,  $(C_6H_5-(SO_2OH))$  y  $(C_6H_5-(CH_2OH))$ .

### Detalles Computacionales

Los cálculos electrónicos fueron desarrollados con el paquete Gaussian 09 (G09), utilizando el funcional de intercambio y correlación wB97XD. Este funcional, desarrollado por Head-Gordon *et al.* (Head-Gordon *et al.*, 2008), es recomendado en procesos de adsorción en los que las distancias están alrededor de los 3 Å, pues contiene términos que permiten describir interacciones a largo alcance como las fuerzas de dispersión o de London; junto con este funcional, se utilizó la serie base 6-31G(d,p).

Todas las moléculas (adsorbato y adsorbente) y los complejos de adsorción modelados, fueron sometidos a una optimización completa de geometría sin restricciones de simetría.



**Figura 2.** Esquema ilustrando la geometría del Piroxicam y las moléculas-fragmento utilizadas

Posterior a las optimizaciones de geometrías, fueron realizados cálculos de frecuencia, los cuales permitieron confirmar la existencia de los correspondientes mínimos de energía, al identificar la ausencia de frecuencias imaginarias. Finalmente se optimizó de nuevo la geometría con efecto del solvente ( $H_2O$ ) considerando que esta es la vía

más cercana para simular el medio acuoso; por tanto, todas las energías de adsorción obtenidas consideraron el efecto del solvente.

Las energías totales obtenidas, permitieron, evaluar las energías de enlazamiento para todas las moléculas y confirmar su estabilidad;

$$E_{\text{enlazamiento}}(M) = \sum_i N_i E_i - E(M) \quad (1)$$

El primer término representa la sumatoria de las energías totales ( $\sum$ ) de los elementos ( $i$ ) que conforman la molécula ( $M$ ), y  $E(M)$  es la energía total de la molécula. Las energías totales todas son negativas, por lo que la molécula será estable si su energía en valor absoluto,  $E(M)$ , es mayor que la sumatoria correspondientes a los átomos por separado; por tanto, energías de enlazamiento positiva significa que la especie es estable.

Las energías de adsorción fueron estimadas según:

$$E_{\text{Adsorción}} = [E(M) + E(C_{24}H_{12})] - E(\text{Complejo}) \quad (2)$$

$E(M)$ ,  $E(C_{24}H_{12})$  y  $E(\text{Complejo})$  son las energías totales de la molécula ( $M$ ) de adsorbato, la hoja de coronene que actúa como adsorbente y el complejo de adsorción formado respectivamente. Igualmente, una energía de adsorción positiva indica que el complejo de adsorción formado es más estable que la suma de las energías individuales del adsorbente y el adsorbato y que está favorecido el proceso de adsorción.

Para los complejos de adsorción, también fueron calculados los gap HOMO-LUMO ( $\Delta$ ) mediante la ecuación:

$$\Delta_{\text{H-L}} = E_L - E_H \quad (3)$$

Donde  $E_L$  y  $E_H$  son las energías de los orbitales frontera HOMO y LUMO.

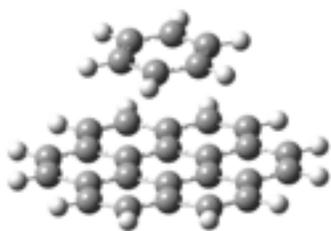
## Resultados y discusión

### *Geometrías optimizadas*

Las energías de enlazamiento, calculadas para las estructuras consideradas en el estudio dieron valores positivos, por lo que se confirmó que todas fueron estables.

### *Complejos de Adsorción en fase gas*

La tabla 1, presenta las energías de adsorción y el Gap HOMO-LUMO para los complejos de Adsorción M-Coronene; nótese que las energías de adsorción dieron en todos los casos valores positivos, entre 11 y 26 kcal mol<sup>-1</sup> indicando que se generaron complejos estables y los Gap HOMO-LUMO se mantuvieron alrededor de 7 eV. Es importante resaltar, que la molécula de mayor energía de adsorción fue la molécula de C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>-(SO<sub>2</sub>OH); este fragmento contiene dos átomos de oxígeno y uno de nitrógeno los cuales favorecen la interacción con la hoja de coronene. Por otra parte, el fragmento con la menor energía de adsorción al coronene y, por tanto, el menos favorecido como centro de adsorción fue el benceno. Nótese en la Figura 3a y 3b, que los sistemas  $\pi$  están desplazados entre sí, por lo que no hay un acoplamiento efectivo; esto puede confirmarse, si analizamos las figuras 3c y 3d donde puede observarse que los orbitales moleculares del benceno no contribuyen a los orbitales frontera HOMO y LUMO del complejo de adsorción; por otra parte, las distancias promedio a la hoja de coronene son de 3.22 Å.



(a)



(b)

(c)

(d)

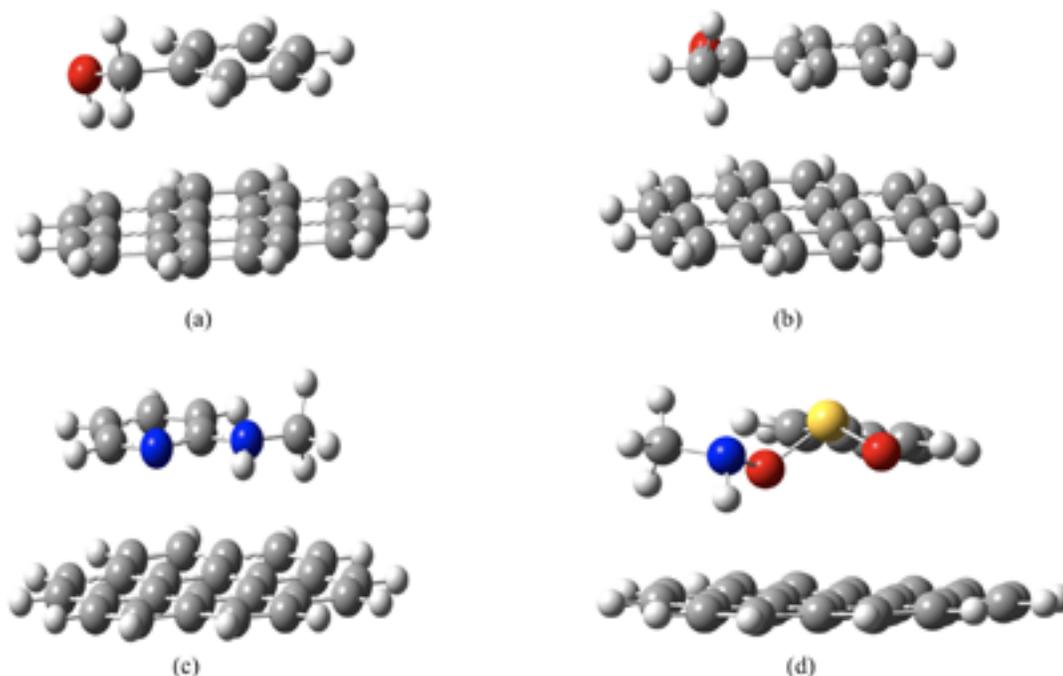
**Figura 3.** Geometría optimizada del sistema  $C_6H_6$ -Coronene (a) vista lateral; (b) vista frontal; y mapeo de sus orbitales frontera, (c) HOMO y (d) LUMO (c)

**Tabla 1.** Resultado comparativo de Energías de Adsorción ( $kcal\ mol^{-1}$ ) con efecto de solvente ( $H_2O$ ),  $GAP_{HOMO-LUMO}$  (eV) y Distancias de adsorción ( $\text{\AA}$ )

Complejo de Adsorción	$E_{adsorción}$ (Solv. $H_2O$ )	$\Delta_{H-L}$	Distancia 1	Distancia 2
$C_6H_6-C_{24}H_{12}$	11.029	7.353	-	3.22
$C_5NH_4-(NHCH_3)-C_{24}H_{12}$	14.592	7.168	2.84	3.30-3.54
$C_6H_5-(COCH_3)-C_{24}H_{12}$	16.573	7.322	2.80	3.30-3.48
$C_6H_5-(CH_2OH)-C_{24}H_{12}$	17.113	7.342	2.39	3.25
$C_6H_5-(SO_2(NH)CH_3)-C_{24}H_{12}$	25.624	6.909	3.23	3.24-3.39

Este comportamiento se observará también para los anillos aromáticos presentes en los demás fragmentos moleculares; nótese de la tabla 1, cómo la distancia 2 que corresponde a los anillos aromáticos con relación al coronene son todas muy semejantes. En la tabla 1, se presentan dos distancias de adsorción que hemos llamado 1 y 2. Las distancias 1 y 2, corresponden a la distancia más cercana del grupo funcional y del anillo aromático del adsorbato a la hoja de coronene; la distancia 2 se consideró porque, como ya se señaló, son muy parecidas, en todos los fragmentos moleculares.

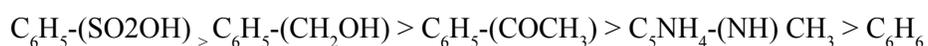
La figura 4 presenta las geometrías optimizadas del resto de los complejos de adsorción. Obsérvese en todos los casos, la tendencia de ciertos hidrógenos a interactuar con los carbonos de la hoja de coronene; estas serían las distancias 1, todas menores de 3  $\text{\AA}$ .



**Figura 4.** Geometrías optimizadas de los complejos de adsorción: (a)  $C_{24}H_{12}-C_6H_5-(CH_2OH)$ ; (b)  $C_{24}H_{12}-C_6H_5-(COCH_3)$ ; (c)  $C_{24}H_{12}-C_5NH_4-(NH)CH_3$ ; (d)  $C_{24}H_{12}-C_6H_5-(SO_2OH)$

## Conclusiones

Con el objetivo de realizar un estudio exploratorio sobre la adsorción de la molécula de Piroxicam, se modelaron moléculas más pequeñas que representaban fragmentos del fármaco. De esta forma, se encontró que el orden de fortaleza en el proceso de adsorción sigue el siguiente orden:



Los anillos aromáticos se mantienen en paralelo, aunque no se observa un fuerte acoplamiento entre los sistemas  $\pi$  del adsorbato y la hoja de coronene, manteniendo las distancias en todos los casos entre 3.0 y 3.5 Å.

## Agradecimientos

Los autores agradecen los recursos de supercómputo recibidos a través del proyecto LANCAD-UNAM-DGTIC-156 de la UNAM. Los autores también agradecen a FES-Cuautitlán y UNAM el apoyo financiero a través de los proyectos PAPIIT-IA208620 y PIAPI-2002.



## Referencias

- Becke, A.D. 1993. Density-functional thermochemistry. III. The role of exact exchange. *The Journal of Chemical Physics* 98: 5648-5652.
- BIO Intelligence Service (2013). Study on the environmental risks of medicinal products. Final report prepared for Executive Agency for Health and Consumers. Disponible en: [http://ec.europa.eu/health/fi-les/environment/study\\_environment.pdf](http://ec.europa.eu/health/fi-les/environment/study_environment.pdf)
- Chigo Anot, E., Salazar-Villanueva, M. (2009), Caracterización DFT de la adsorción de H<sub>2</sub> por el cúmulo de nitruro de boro tipo grafeno. *Rev. Sup. y Vacío*, 22: 23.
- Giannakis, S., Gamarra Vives, F.A., Grandjean, D., Magnet, A., Alencastro, Pulgarin, C., (2015). Effect of advanced oxidation processes on the micro-pollutants and the effluent organic matter contained in municipal water waste previously treated by three different secondary methods. *Water Res.* 84: 295-306.
- Jeloica, L., Sidis, V. (1999) DFT investigation of the adsorption of atomic hydrogen on a cluster model graphite surface, *Chem. Phys. Lett.* 300: 157.
- Levine, I. N. (2001) *Química Cuántica*, 5<sup>ta</sup> ed. México: Prentice Hall, p.554.
- Okamoto, Y., Miyamoto, Y. (2001) Ab Initio Investigation of Physisorption of Molecular Hydrogen on Planar and Curved Graphenes, *J. Chem. Phys* B105: 3470-74.
- Al-Khateeb, A. A.; Almotiry, S.; Salam, M.A. (2014) Adsorption of pharmaceutical pollutants onto graphene nanoplatelets, *Chem. Eng. J.* 248, 191-99.
- Khalil, M.E.; Memon, F. A.; Tabish, T. A.; Salmon, D.; Zhang, S., Butler, D. (2020) Nanostructured porous graphene for efficient removal of emerging contaminants (pharmaceuticals) from water. *Chem. Eng. J.* 398, 125440.
- Chai, J.-D.; Head-Gordon, M. (2008) "Long-range corrected hybrid density functionals with damped atom-atom dispersion corrections," *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 10, 6615-20

# ANÁLISIS METABOLÓMICO BASADO EN $^1\text{H}$ -RMN DE MEZCALES OBTENIDOS A PARTIR DE TRES ESPECIES OAXAQUEÑAS DE AGAVE



Delgado-Altamirano Ronna<sup>1</sup>, Rodríguez de San Miguel-Guerrero Eduardo<sup>\*2</sup>,  
Esturau Escofet Nuria<sup>\*1</sup>, Ruiz-Terán Francisco<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Química, Universidad Nacional Autónoma de México  
[ti2dronna@hotmail.com](mailto:ti2dronna@hotmail.com); [nesturau@iquimica.unam.mx](mailto:nesturau@iquimica.unam.mx)\*

<sup>2</sup>Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México  
[erdsmsg@unam.mx](mailto:erdsmsg@unam.mx)\*; [panchote@unam.mx](mailto:panchote@unam.mx)\*



## Resumen

El mezcal es una bebida alcohólica con Denominación de Origen Protegida, producida principalmente en Oaxaca. Se obtiene a partir de la fermentación de los jugos de los tallos de diversas especies de agave, siendo las más comunes Espadín (*Agave angustifolia*), Tosalá (*A. potatorum*) y Cuishe (*A. karwinskii*). Aunque existen varios trabajos sobre la composición química del mezcal, la mayoría de ellos se centra en el análisis de sus componentes volátiles por CG-MS. El presente trabajo constituye el primer estudio metabolómico de mezcales de estas tres especies, mediante  $^1\text{H}$ -RMN y análisis multivariado, con el fin de establecer las diferencias químicas que caracterizan a cada especie. Se lograron identificar 15 compuestos, siendo las señales de isobutanol, metanol, acetato de etilo, ácido acético, n-propanol, alcohol isoamílico y metilos de alcoholes superiores, las que marcaban la separación entre variedades. La especie *A. angustifolia* (Espadín) presentó la menor abundancia de estos compuestos, mientras que *A. potatorum* (Tosalá) la más alta.

**Palabras clave:**  $^1\text{H}$ -RMN, Agave, Compuestos alifáticos, Metabolómica, Mezcal, OPLS-DA, PCA

**Palabras clave:** colocar de 5 a 7 palabras clave que describan lo mejor posible la temática de su trabajo.

## Antecedentes

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones, el mezcal se define como “*la bebida alcohólica destilada mexicana, 100 % de maguey o agave, obtenida por destilación de jugos fermentados con microorganismos espontáneos o cultivados, extraídos de cabezas maduras de magueyes o agaves cocidos, cosechados en los estados de Guanajuato, Tamaulipas, Guerrero, Oaxaca, Durango, San Luis Potosí, Michoacán, Zacatecas y Puebla*” (Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, 2017); siendo el estado de Oaxaca el que presenta la mayor producción. Existen alrededor de 200 especies de agave, de las cuales 14 están registradas oficialmente para la producción de mezcal; aunque de manera extraoficial se sabe del uso de 39 diferentes especies. En Oaxaca, de manera particular, se fermentan las siguientes especies de agave para la producción de mezcal, ya sea utilizando una solo especie o una combinación de ellos: Espadín/Lechuguilla/Marginata (*Agave angustifolia*), Tobalá (*A. potatorum*), Cuishe/Cuixe/Tobasiche (*A. karwinskii*), Papalometl (*A. seemanniana*), Tepeztate (*A. marmorata*), Arroqueño (*A. americana* var. *americana*), Sierra Negra (*A. americana* var. *oaxacensis*) (Consejo Regulador del Mezcal, 2020); siendo las tres primeras, las más comunes. En el mezcal, como en otras bebidas alcohólicas, se ha reportado que existen diferencias organolépticas, como el sabor y el aroma, derivadas de su composición química; la cual ha sido asociadas al proceso artesanal de elaboración, el *terroir*, al origen y a la especie de agave (Barrera-Rodríguez et al., 2019) en Oaxaca; se diseñó y aplicó una encuesta con información socioeconómica del consumidor, atributos sensoriales y de etiquetado del mezcal. Se estratificó a los consumidores en función de su disposición a pagar un sobreprecio por el mezcal. Se realizó el análisis conceptual mediante el empleo de k proporciones para identificar las categorías semánticas con mayor reconocimiento en los grupos de consumidores de mezcal. Se realizó un análisis de componentes

principales para identificar las variables que inciden en la disposición a pagar. Resultados: el análisis de varianza muestra diferencias significativas entre los estratos con disposición (DAP. La mayoría de los estudios que han descrito la composición química de los mezcales, lo han hecho desde el punto de vista de los compuestos volátiles, analizados mediante Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de Masas (CG-MS) (Molina-Guerrero et al., 2007; Vera-Guzmán et al., 2018; Vera Guzmán et al., 2009, 2012)wort, and mezcal from *Agave angustifolia* Haw. and *A. potatorum* Zucc., processed with the traditional artisan production system of Oaxaca, México were evaluated. These compounds were analyzed by gas chromatography using capilar column and pure standards. Major volatiles such methanol, ethanol, and acetic acid were all present in each analyzed material. However, 2-methyl-propanol and 3-methyl-butanol were produced at the fermentation stage, with concentrations of 39 and 140 mg L<sup>-1</sup> in *A. angustifolia* wort, and 40 and 121 mg L<sup>-1</sup> in the *A. potatorum* wort. The volatile composition of mezcal from *A. angustifolia* and *A. potatorum* was found to be different. Mezcal from *A. angustifolia* had the largest quantities of methanol, higher alcohols, and acetic acid than mezcal from *A. potatorum*.”,”author”:[{“dropping-particle”：“”,“family”：“Vera Guzmán”,“given”：“Araceli M.”,”non-dropping-particle”：“”,“parse-names”：false,”suffix”：“”},{“dropping-particle”：“”,“family”：“Santiago García”,“given”：“Patricia A.”,”non-dropping-particle”：“”,“parse-names”：false,”suffix”：“”},{“dropping-particle”：“”,“family”：“López”,“given”：“Mercedes G.”,”non-dropping-particle”：“”,“parse-names”：false,”suffix”：“”}],“container-title”：“Revista Fitotecnia Mexicana”,“id”：“ITEM-1”,“issue”：“4”,“issued”：{“date-parts”：[[“2009”]]},“page”：“273-279”,“title”：“Aromatic volatile compounds generated during mezcal production from <i>Agave angustifolia</i> and <i>Agave potatorum</i>”,“type”：“article-journal”,“volume”：“32”},“uris”：[“http://www.mendeley.com/documents/?uuid=a545cdbb-e1d4-4466-98ea-3dedaf1dd07f”}],{“id”：“ITEM-2”,“itemData”：{“abstract”：“In this work, the volatile compounds were studied in ten commercial mezcal (Traditional Mexican agave spirits. Mientras que, a la fecha, sólo existen dos publicaciones de metabolómica por Resonancia Magnética Nuclear de Protones (<sup>1</sup>H-RMN) sobre mezcales (López-Aguilar et al., 2021; Pineda-Amaya et al., 2021). No obstante, ninguno de estos estudios involucra el uso de la RMN para la caracterización y/o discriminación de mezcal de acuerdo a la especie de agave de la cual proviene. En este sentido, el presente trabajo constituye el primer estudio metabolómico de mezcales obtenidos de las tres variedades más comunes, mediante

$^1\text{H}$ -RMN y análisis multivariado, con el fin de establecer las diferencias químicas que caracterizan a cada variedad.

## Objetivo

Establecer, mediante un estudio metabólico por  $^1\text{H}$ -RMN y análisis multivariado (PCA, OPLS-DA), las características químicas que identifican al mezcal, en función de las especies de agave de las que proviene.

## Parte experimental

-Muestras: Los mezcales fueron obtenidos de diferentes palenques localizados en diversas comunidades del Estado de Oaxaca. Todos los palenques elaboraron el mezcal a través de un proceso artesanal utilizando las diferentes especies de agave: 6 Espadín (*Agave angustifolia*), 6 Tobalá (*A. potatorum*) y 5 Cuishe (*A. karwinskii*). Las muestras fueron recolectadas en tubos cónicos de polipropileno de 15 mL y almacenadas protegidas de la luz a 4 °C, hasta su análisis.

-Reactivos: La sal sódica del ácido 3-(trimetilsilil)-propiónico (TSP, 98% D) fue obtenida de Sigma-Aldrich (Alemania); el óxido de deuterio ( $\text{D}_2\text{O}$ , 99.9% D) fue comprado en Cambridge Isotope Laboratories (EUA); mientras que el HCl (36.5%) y el  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  fueron adquiridos con JT Baker (EUA). Se preparó un buffer de fosfatos  $\text{pH} = 3.1 \pm 0.05$  utilizando  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  (0.3 M, en  $\text{D}_2\text{O}$ ; 0.032% p/v TSP) y ajustando el pH con HCl (1 M).

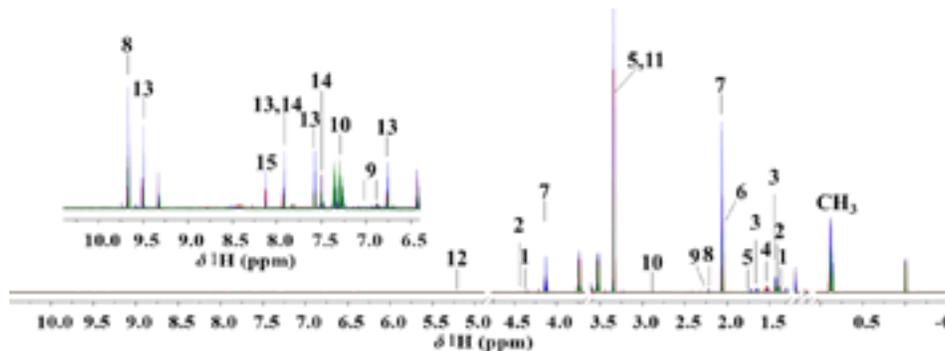
-Equipo: Los espectros de  $^1\text{H}$ -RMN fueron adquiridos en un espectrómetro Bruker Avance III HD 700 MHz (Bruker, Billerica, MA, EUA) equipado con una criosonda TCI de 5-mm con gradiente en el eje z.

-Diseño experimental. Preparación de las muestras: Se tomaron 350  $\mu\text{L}$  de mezcal y se diluyeron con 350  $\mu\text{L}$  de buffer de fosfatos. Las diluciones se agitaron en vórtex por 1 minuto. Posteriormente, 600  $\mu\text{L}$  fueron transferidos a un tubo de resonancia de 5 mm de diámetro y 130 mm de largo, para la obtención de los espectros de  $^1\text{H}$ -RMN. Adquisición de los experimentos de  $^1\text{H}$ -RMN: Los experimentos de RMN fueron adquiridos a 300 K, con los siguientes parámetros: RD = 4 s, AQ = 2.32 s, SW = 14 KHz y TD = 64 k puntos de datos. Los experimentos de preparación fueron realizados con presaturación de agua (secuencia de pulsos de Bruker *zgpg30*) para establecer las

frecuencias de las señales de agua y etanol. Los experimentos finales fueron obtenidos como espectros protónicos con supresión de las señales de agua y etanol, utilizando los experimentos de preparación (supresión óctuple, secuencia de pulsos de Bruker *noesygppr1d*), adquiridos con  $DS = 4$ ,  $NS = 32$ ,  $RG = 16$  y  $D8 = 10$  ms. Todos los espectros de  $^1H$ -RMN fueron grabados y procesados utilizando el software TopSpin v.3.5.6 (Bruker, Billerica, MA, EUA). La fase fue corregida manualmente, mientras que la línea base fue corregida automáticamente utilizando un ajuste polinomial de grado 5. Procesamiento de los espectros de  $^1H$ -RMN: Los espectros de RMN fueron procesados con el software MestReNova v.12.0 (MestreLab Research SL, Santiago de Compostela, España). Se referenciaron a la señal del TSP ( $\delta$  0.0 ppm). Posteriormente, se recortaron las regiones correspondientes a las señales residuales del agua ( $\delta$  4.77-4.89 ppm) y el etanol ( $\delta$  1.06-1.10 con sus satélites de  $^{13}C$  de  $\delta$  1.15-1.20,  $\delta$  1.24-1.28 y  $\delta$  3.61-3.67 ppm) y ajustando la región espectral de interés de -0.5 a 10.5 ppm. De esta forma, se normalizó el espectro al total de área. La dimensionalidad espectral fue reducida a través de un binning de 0.04 ppm. Análisis quimiométricos: Los análisis multivariados fueron realizados en el software PLS Toolbox v.8.7.1 (un paquete interno de MATLAB (R2019b), Eigenvector Research, Inc.). Se realizó un *Análisis de Componentes Principales (PCA)* para determinar la agrupación natural de los datos. A continuación, se realizaron Análisis Discriminantes de Mínimos Cuadrados Parciales Ortogonales (OPLS-DA) con escalado Pareto, por parejas, para determinar las señales que marcaban las diferencias entre variedades

## Resultados y discusión

De acuerdo a la inspección y análisis de los espectros obtenidos a partir de las 17 muestras de mezcales, se lograron identificar 15 compuestos, los cuales se muestran en la Fig. 1 y se enlistan en la Tabla 1.



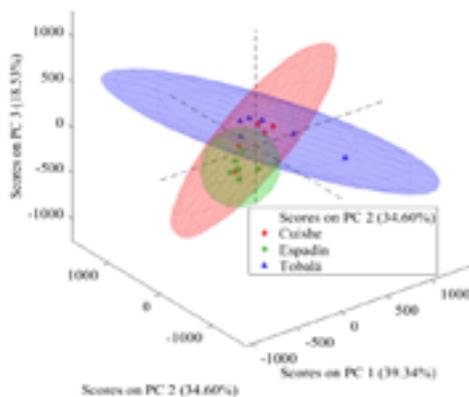
**Figura 1.** Identificación de los compuestos detectables en los espectros de  $^1\text{H}$ -RMN de mezcales de 3 variedades oaxaqueñas de agave: Espadín (Verde), Tobalá (azul) y Cuishe (Rojo).

*Tabla 1. Compuestos identificados en mezcales de 3 variedades oaxaqueñas de agave*

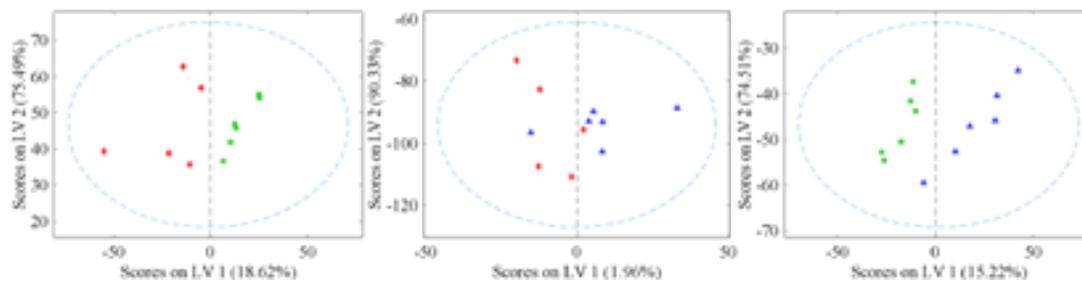
No.	Compuesto	$\delta$ $^1\text{H}$ in ppm (Multiplicidad, J en Hz, asignación)
CH <sub>3</sub>	Metilos de alcoholes superiores	0.88 (m, CH <sub>3</sub> )
1	Ácido láctico	4.36 (q, J = 7.0, CH), 1.36 (d, J = 7.0, CH <sub>3</sub> )
2	Lactato de etilo	4.24 (q, J = 7.5, CH <sub>2</sub> ), 1.39 (d, J = 7.5, CH <sub>3</sub> )
3	Alcohol isoamílico	1.65 (m, CH), 1.43 (q, J = 7.0 Hz, CH <sub>2</sub> )
4	n-propanol	1.53 (m, CH <sub>2</sub> )
5	Isobutanol	3.34 (d, J = 6.7, CH <sub>2</sub> ), 1.72 (m, CH)
6	Ácido acético	2.05 (s, CH <sub>3</sub> )
7	Acetato de etilo	4.12 (q, J = 7.1, CH <sub>2</sub> ), 2.06 (s, CH <sub>3</sub> )
8	Acetaldehído	9.68 (q, J = 3.0, -CHO), 2.23 (d, J = 3.0, CH <sub>3</sub> )
9	2-metilfenol	7.12 (m, 2CH), 6.80 (m, 2CH), 2.24 (s, CH <sub>3</sub> )
10	2-feniletanol	7.29 (m, 5CH), 2.84 (t, J = 6.7, CH <sub>2</sub> )
11	Metanol	3.34 (s, CH <sub>3</sub> )
12	1,1-etanodiol	5.21 (q, J = 5.2, CH)
13	Furfural	9.50 (d, J = 0.9, -CHO), 7.92 (dd, J = 1.7, 0.8, CH), 7.57 (dd, J = 3.6, 0.7, CH), 6.76 (dd, J = 3.7, 1.7, CH)
14	Naftaleno	7.89 (m, 4CH), 7.52 (m, 4CH)
15	Ácido fórmico	8.13 (s, -CHO)

En el análisis de PCA del espectro completo, se observó que no existía ninguna agrupación natural de los datos, por lo que se procedió a evaluar al espectro de forma seccionada: primero con los compuestos de la zona aromática (6-10 ppm) y, después, con la zona de compuestos alifáticos (0.5-4.75 ppm). De ambos análisis se encontró que la zona que permitía una mejor agrupación de los datos era la de los compuestos alifáticos (Fig. 2). Este modelo explica el 92.46% de la varianza, la cual está distribuida en 39.34% en el PC1, 34.60% en el PC2 y 18.53% en el PC3. Por esta razón, se continuaron los análisis quimiométricos, exclusivamente con esta zona.

Para definir aquellos compuestos que marcaban las diferencias entre cada una de las variedades de agave, se realizaron los análisis por OPLS-DA comparando variedad con variedad (Fig. 3). A través de estos estudios se encontró que cada variedad tenía un contenido relativo diferente de ciertos compuestos: isobutanol, metanol, acetato de etilo, ácido acético, n-propanol, alcohol isoamílico y metilos de alcoholes superiores; siendo la variedad Espadín, la que poseía menor abundancia de estos compuestos; Cuishe, una abundancia intermedia y Tobalá la que presentaba una mayor intensidad relativa de los mismos. El resumen de estas abundancias relativas comparativas se muestra a en la Tabla 2.



**Figura 2.** Gráfico de PCA de los mezcales de 3 variedades oaxaqueñas de agave: Espadín (Verde), Tobalá (azul) y Cuishe (Rojo).



**Figura 3.** Gráfico OPLS-DA de la comparación entre los mezcales de las variedades de agave. a) Espadín (verde) vs Cuishe (rojo), b) Tobalá (azul) vs Cuishe y c) Espadín vs Tobalá.

**Tabla 2.** Compuestos identificados en mezcales de 3 variedades oaxaqueñas de agave.

Valor del VIP	Bin (ppm)	Metabolito	Abundancia relativa más alta
<b><u>Espadín vs Tobalá</u></b>			
5	3.30-3.34	Isobutanol/Metanol	Tobalá
3.75	2.06-2.10	Acetato de etilo	Tobalá
3.51	0.86-0.90	Metilos de alcoholes superiores	Tobalá
3.22	2.02-2.06	Ácido acético	Tobalá
2.9	4.10-4.14	Acetato de etilo	Tobalá
1.64	3.34-3.38	Acetato de etilo	Tobalá
1.58	1.50-1.54	n-propanol	Tobalá
1.28	1.38-1.42	Alcohol isoamílico	Tobalá
1.09	1.70-1.74	Isobutanol	Tobalá
<b><u>Cuishe vs Tobalá</u></b>			
5.42	2.06-2.10	Acetato de etilo	Tobalá
4.59	0.86-0.90	Metilos de alcoholes superiores	Tobalá
2.05	3.30-3.34	Isobutanol/Metanol	Tobalá
1.68	3.34-3.38	Acetato de etilo	Tobalá
1.63	2.02-2.06	Ácido acético	Tobalá
1.6	0.82-0.86	Metilos de alcoholes superiores	Tobalá
1.3	3.42-3.44	NI	Tobalá
1.24	1.70-1.74	Isobutanol	Tobalá
<b><u>Espadín vs Cuishe</u></b>			
5.31	3.30-3.34	Isobutanol/Metanol	Cuishe
4.17	2.02-2.06	Ácido acético	Cuishe
3.2	4.10-4.14	Acetato de etilo	Cuishe
2.47	2.06-2.10	Acetato de etilo	Cuishe
1.68	1.50-1.54	n-propanol	Cuishe
1.6	0.86-0.90	Metilos de alcoholes superiores	Cuishe

## Conclusiones

- Fue posible detectar e identificar 15 compuestos en muestras de mezcales por  $^1\text{H}$ -RMN.
- Las muestras de mezcales obtenidas de las variedades de agave Espadín, Tobalá y Cuishe, pueden diferenciarse por la abundancia relativa de sus compuestos alifáticos, mediante un análisis de OPLS-DA por parejas.
- Las señales de los compuestos que hacen la diferencia entre los mezcales de las 3 variedades de agave son: isobutanol, metanol, acetato de etilo, ácido acético, n-propanol, alcohol isoamílico y metilos de alcoholes superiores.
- De acuerdo a la abundancia relativa de estos compuestos, la especie *A. potatorum* (Tobalá) es la que presenta un mayor contenido de éstos, seguida de la especie *A. karwinskii* (Cuishe) y, por último, de la especie *A. angustifolia* (Espadín).

## Agradecimientos

Este trabajo forma parte y es financiado por el proyecto del Fondo Sectorial SAGARPA-CONACYT-2017-06-292836: Plataforma Nacional de Metabolómica basada en espectroscopia de Resonancia Magnética Nuclear (RMN)-OMICS para la solución de problemas nacionales del sector agroalimentario. Este estudio hizo uso del Laboratorio de Resonancia Magnética de la UNAM: LURMN en el Instituto de Química de la UNAM, el cual fue auspiciado por el CONACYT (proyecto 0224747) y la UNAM. Los autores agradecen al Consejo Regulador del Mezcal (CRM) por las muestras provistas para este trabajo.



## Referencias

- Barrera-Rodríguez, A. I., Cuevas-Reyes, V., & Espejel-García, A. (2019). Factores de valoración en consumidores de mezcal en Oaxaca. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*, 29(54), 1–22. <https://doi.org/10.24836/es.v29i54.811>
- Consejo Regulador del Mezcal. (2020). *Tipos de Agave*. Oaxaca Mío. <https://www.oaxacamio.com/mezcalesdeoaxaca/tiposdeagave/>
- López-Aguilar, R., Zuleta-Prada, H., Hernández-Montes, A., & Herbert-Pucheta, J. E. (2021). Comparative NMR metabolomics profiling between mexican ancestral & artisanal mezcals and industrialized wines to discriminate geographical origins, agave species or grape varieties and manufacturing processes as a function of their quality attributes. *Foods*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/foods10010157>
- Molina-Guerrero, J. A., Botello-Álvarez, J. E., Estrada-Baltazar, A., Navarrete-Bolaños, J. L., Jiménez-Islas, H., Cárdenas-Manríquez, M., & Rico-Martínez, R. (2007). Volatile components in Mezcal. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 6(1), 41–50.
- Pineda-Amaya, A. del C., Ocaña-Rios, I., García-Aguilera, M. E., Nolasco-Cancino, H., Quiroz-García, B., Esturau-Escofet, N., & Ruiz-Terán, F. (2021). <sup>1</sup>H-NMR profile of mezcal and its distillation fractions using two sample preparation methods: direct analysis and solid-phase extraction. *Chemical Papers*, 75(8), 4249–4259. <https://doi.org/10.1007/s11696-021-01660-5>
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial. (2017). *Norma Oficial Mexicana NOM-070-SCFI-2016, Bebidas alcohólicas-Mezcal-Especificaciones*. Diario Oficial de La Federación. [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5334608&fecha=04/03/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5334608&fecha=04/03/2014)
- Vera-Guzmán, A. M., Guzmán-Gerónimo, R. I., López, M. G., & Chávez-Servia, J. L. (2018). Volatile compound profiles in mezcal spirits as influenced by agave species and production processes. *Beverages*, 4(1–9), 8–10. <https://doi.org/10.3390/beverages4010009>
- Vera Guzmán, A. M., López, M. G., & Chávez-Servia, J. L. (2012). Chemical composition and volatile compounds in the artisanal fermentation of mezcal in Oaxaca, Mexico. *African Journal of Biotechnology*, 11(78), 14344–14353. <https://doi.org/10.5897/ajb111.963>
- Vera Guzmán, A. M., Santiago García, P. A., & López, M. G. (2009). Aromatic volatile compounds generated during mezcal production from *Agave angustifolia* and *Agave potatorum*. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 32(4), 273–279. <https://doi.org/10.35196/rfm.2009.4.273-279>

# CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO FITOQUÍMICO Y FARMACOLÓGICO DE LA ESPECIE *BUDDLEJA AMERICANA L.* (TEPOZÁN) UTILIZADA EN LA MEDICINA TRADICIONAL MEXICANA



*Eduardo Aguilar Salazar, Brígida del Carmen Camacho Enríquez\*, Lidia Rangel Trujano,  
María Verónica Vázquez Cianca, Mario Arturo Morales Delgado,  
Alejandra Sánchez Barrera*

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[sora.eduardo.as@gmail.com](mailto:sora.eduardo.as@gmail.com), [bcamachoe@gmail.com](mailto:bcamachoe@gmail.com)*



## Resumen

Las plantas medicinales han mostrado a través del tiempo un sinnúmero de propiedades que las culturas han aprovechado para el tratamiento de diversas enfermedades, sin embargo, la investigación química y farmacológica que sustente esos usos sigue siendo insuficiente. Este trabajo se realizó con el fin de aportar evidencias químicas y farmacológicas que respalden el uso tradicional como diurético de la planta conocida como tepozán (*Buddleja americana*). El trabajo consiste en realizar un análisis fitoquímico para obtener un perfil químico y un estudio farmacológico utilizando el método modificado descrito por Wiebelhaus para mostrar la diuresis. El estudio químico mostró la presencia de alcaloides, lactonas y flavonoides, mientras que el farmacológico reveló que a una dosis de 30 y 120 mg/kg tiene un efecto diurético mayor que la furosemida a una dosis de 20 mg/kg.

**Palabras clave:** Tepozán, *Buddleja americana*, efecto diurético, tamizaje fitoquímico.

## Antecedentes

México se encuentra dentro de los países megadiversos ya que aloja al 10% de la biodiversidad del planeta entre las que destacan las plantas vasculares. Las plantas son el principal recurso utilizado en la medicina tradicional de los diferentes países con el fin de mantener la salud, tanto física como mental.

La medicina tradicional es un sistema de atención primaria de la salud al que recurre aproximadamente al 80% de la población mundial con una gran importancia económica y social, no obstante, estudios que demuestren su seguridad y eficacia aún son muy escasos. La Organización Mundial de la Salud considera que éste es un asunto prioritario por el precario conocimiento que se tiene de los mecanismos de acción, sustancias activas y posibles efectos secundarios (OMS 2002).

El tepozán es una planta utilizada en nuestro país para tratar ronchas, erisipela, granos, heridas e inflamación de la piel. La Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional UNAM (2009) señala que en el Estado de México, Michoacán, Puebla y Oaxaca la utilizan para el tratamiento de trastornos digestivos como: dolor de estómago, infecciones estomacales, males gástricos como úlcera. Así como, para la diabetes, el reumatismo, desarreglos menstruales y como diurético.

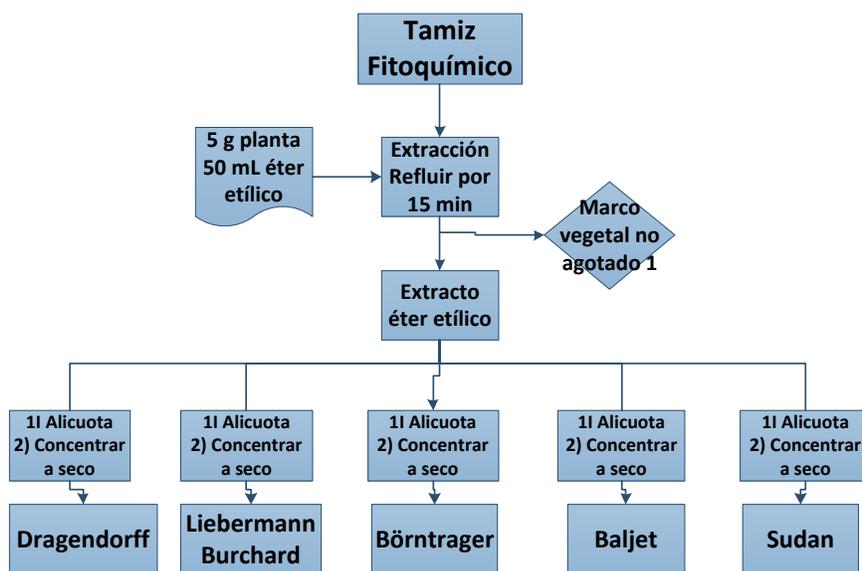
Morales-Buenrostro y cols. (2017) refieren que uno de cada tres pacientes diabéticos desarrolla algún grado de insuficiencia renal crónica. La nefropatía diabética perjudica al 40% de los pacientes con *Diabetes mellitus* y constituye la principal causa de enfermedad terminal. Tanto la *Diabetes mellitus* como la insuficiencia renal crónica son factores de riesgo para el desarrollo de enfermedad cardiovascular. Las complicaciones cardiovasculares que pueden ser provocadas por la hipertensión arterial, son tratadas mediante medidas dietéticas o cambios en el estilo de vida, además de tratamiento farmacológico con diuréticos.

No obstante, a pesar de contar con tratamientos alopáticos eficaces para curar y prevenir enfermedades, la población mexicana recurre a los remedios tradicionales a base de plantas.

## Parte experimental

La parte experimental se dividió en tres etapas. La primera consistió en obtener un perfil químico de la planta, por lo que se realizó una extracción por gradiente de po-

laridad utilizando como disolventes, éter, etanol y agua. Cada fracción se concentró por destilación a presión reducida y se obtuvo un perfil químico presuntivo utilizando pruebas coloridas y de precipitación. En la figura 1 se muestra la metodología seguida para la caracterización química de la fracción etérea, con el propósito de identificar alcaloides, triterpenos, quinonas, agrupamientos lactónicos y aceites.



**Figura 1.** Fracción etérea

En el caso de la fracción etanólica se realizó un proceso de separación con el fin de obtener un perfil químico más detallado. En la figura 2 se muestra el procedimiento y las pruebas coloridas y de precipitación realizadas, con el propósito de identificar azúcares reductores (Fehling), agrupaciones lactónicas (Baljet), saponinas (espuma), compuestos fenólicos (cloruro férrico), proteínas (ninhidrina), flavonoides (Shinoda), alcaloides (Dragendorff), quinonas (Börntrager) y esteroides y triterpenoides (Liebermann-Buchard). La última fracción (Figura 3) se analizó para identificar metabolitos solubles en agua como los heterósidos y en el caso de los mucilagos se observó su capacidad para captar agua y formar geles.

Para la evaluación farmacológica se consideró preparar un extracto acuoso ya que es la forma de preparación del remedio tradicional. Se pesaron 5.5 g de hojas de tepozán

previamente secas y trituradas, a los que se adicionaron 100 mL de agua destilada y se calentaron a ebullición por 15 min. Finalizado el tiempo se separó el residuo vegetal del extracto. El extracto acuoso obtenido se concentró por evaporación y se reservó para el ensayo farmacológico y caracterización química.

La actividad diurética se ensayó utilizando el modelo de Wilbelhaus que consiste en formar 5 grupos de 5 ratones albinos. Al grupo I (control negativo) se le administró por vía oral 2 mL de solución fisiológica 0.9% por cada 100 g de peso corporal. Los grupos II, III y IV recibieron por vía oral dosis de 30, 60 y 120 mg/kg, del extracto acuoso concentrado de tepozán y al grupo V se le dio por vía oral 20 mg/kg de furosemida. Luego de la administración, los animales se colocaron de forma individual en jaulas metabólicas y se llevó un registro del volumen de orina acumulado a los 30 min, 1, 2, 3, 4 y 5 horas.

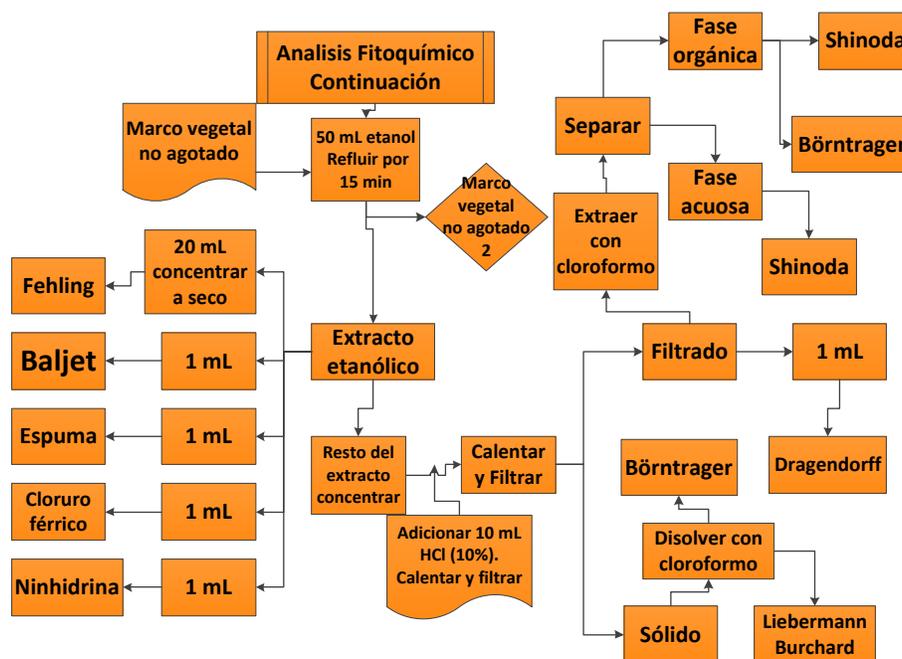
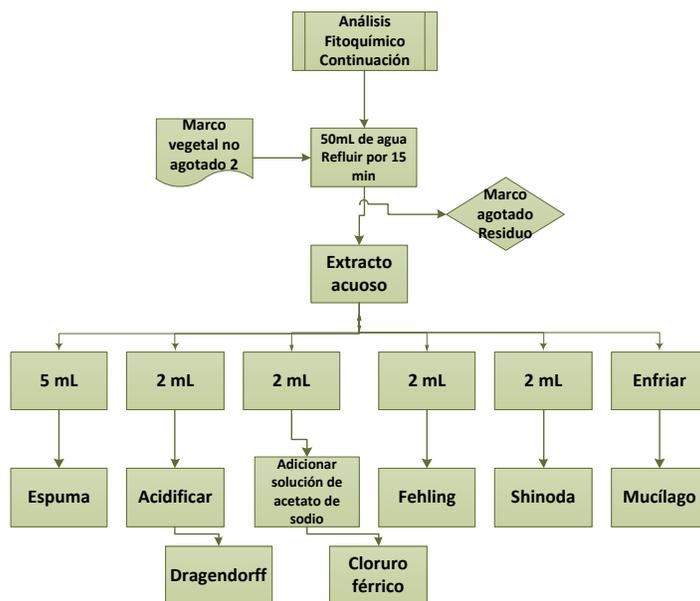
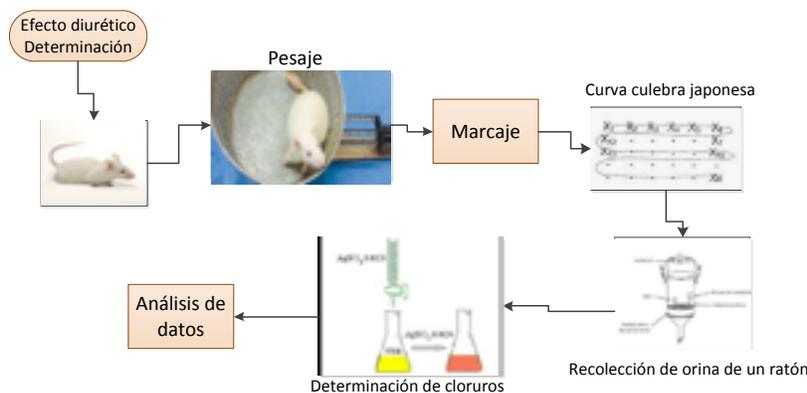


Figura 2. Fracción etanólica



**Figura 3.** Fracción acuosa

Después de cada medición de volumen, se tomó una muestra de orina de cada uno de los tratamientos para la cuantificación de iones  $\text{Cl}^-$  presentes en la orina. Para la cuantificación se adicionó a cada tubo una gota de una solución acuosa de dicromato de potasio y después se añadió la cantidad necesaria de nitrato de plata hasta que se formó un precipitado de color rojo ladrillo. Esta prueba sirvió para la cuantificación del sodio de forma indirecta ya que siempre están asociados. La metodología para evaluar la actividad diurética se indica en la figura 4.



**Figura 4** Evaluación de la actividad diurética

## Resultados y discusión

Tabla 1. Tamizaje fitoquímico

Prueba realizada	Extracto etéreo	Extracto etanólico	Extracto acuoso
Dragendorff	++	-	++
(alcaloides)			
Liebermann – Burchard	-	+++	
(triterpenos y/o esteroides)			
Börntrager	-	-	
(quinonas)			
Baljet	-	-	
(lactonas)			
Sudan III	++		
(Lípidos y aceites esenciales)			
Espuma		-	++
(saponinas)			
Cloruro férrico		+++	++
(fenoles y taninos)			
Fehling		-	++
(azúcares reductores)			
Shinoda		-	-
(flavonoides)			
Mucilagos			-
Ninhidrina		-	
(aminas)			

*Nota: Abundante (+++), moderado (++), escaso (+) y negativo (-) (Domínguez 1988)*

Los resultados revelaron la presencia de: Fracción etérea alcaloides y aceites; fracción etanólica, triterpenos y/o esteroides y fenoles; y fracción acuosa, alcaloides, saponinas, fenólicos y azúcares reductores. Estos resultados apoyan el uso del remedio tradicional preparado con agua, además de la selección de éste, porque fue el extracto que ex-

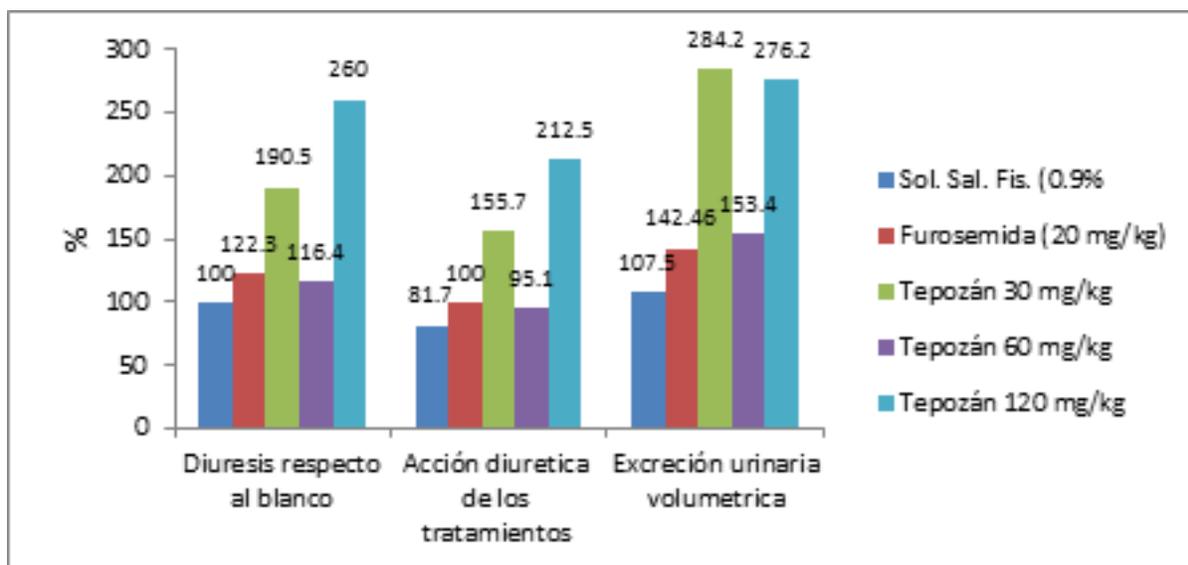
hibió un mayor número de grupos químicos. Razón por la que se preparó un extracto acuoso directamente de la planta, realizar el ensayo farmacológico y ensayos químicos adicionales para obtener un perfil más detallado. Los resultados muestran la presencia de alcaloides que confirman lo expuesto por Cabrera (1990), y además se detectó la presencia de agrupamientos lactónicos y flavonoides (tabla 2). Estos últimos no fueron detectados en la fracción acuosa, por lo que es probable que haya una interacción de estos grupos con el resto, que promovió su solubilidad en agua.

**Tabla 2.** *Extracto acuoso*

<b>Prueba realizada</b>	<b>Resultado</b>
Ácido silicotúngstico	++
Mayer	+++
Baljet	+++
Flavonoides	+++

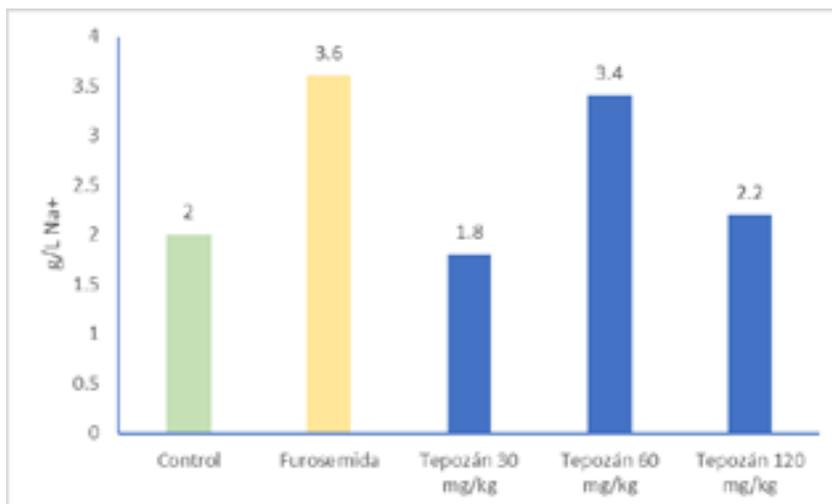
Los resultados obtenidos respecto al efecto diurético del extracto acuoso de la hoja de tepozán se presentan en la figura 5. La diuresis se obtiene cuando se compara el volumen de orina excretado promedio de todos los tratamientos con respecto al blanco. A este grupo solo se le administró solución salina para comprobar si efectivamente existe un efecto diurético por parte de los tratamientos de tepozán y furosemida.

La figura 5 muestra que los tratamientos con dosis de 30 y 120 mg/kg de tepozán fueron los que superaron con creces al grupo control, mientras que los grupos a los que se les administró 60 mg/kg de tepozán y furosemida, obtuvieron volúmenes más bajos y no tan distantes del volumen del control negativo. La acción diurética de los tratamientos consiste en comparar si se obtuvo un efecto diurético mayor con los tratamientos de tepozán en relación con el control positivo, que corresponde al grupo que se le administró furosemida.



**Figura 5.** Comparativo de la acción diurética de cada tratamiento

En el grupo de diuresis con respecto al control negativo, se observa que los tratamientos de 30 y 120 mg/kg superan notablemente al grupo tratado con furosemida, esto indica que, a esas dosis el tepozán ejerce un efecto diurético mayor que la furosemida, mientras que, el grupo control y el grupo tratado con 60 mg/kg de tepozán resultaron con volúmenes más bajos de orina. Por último, en el grupo de excreción urinaria volumétrica que compara el volumen total excretado en función del volumen total administrado se observa que los tratamientos muestran valores mayores de 100%, lo que denota que los ratones excretan volúmenes mayores de líquido, en relación con los volúmenes totales en promedio administrados. Todos los tratamientos superaron el 100%, siendo los tratamientos de 30 y 120 mg/kg de tepozán los que producen un mayor volumen de excreción urinaria en comparación con el resto.



**Figura 6.** Concentración de sodio en la orina colectada de cada tratamiento

Los diuréticos utilizados en la clínica, como la furosemida, actúan reduciendo la reabsorción de sodio en los túbulos, lo que provoca una natriuresis (aumento de la pérdida de sodio) causando una diuresis (aumento de la pérdida de agua). En la mayoría de los casos, el aumento de la pérdida de agua es secundario a la inhibición de la reabsorción tubular de sodio, porque el sodio que permanece en los túbulos actúa mediante mecanismos osmóticos reduciendo la reabsorción de agua, por lo que es muy probable que el tepezán presente un mecanismo de acción similar (Hall y Guyton 2011). Sin embargo, los resultados obtenidos en la cuantificación indirecta de sodio en la orina (se cuantificó Cl<sup>-</sup>), muestran que la dosis de 60 mg/kg de extracto de tepezán muestra un mecanismo semejante a la furosemida mientras que el resto presenta una pérdida de sodio menor, por lo que se infiere que es diferente. Cabe hacer la aclaración de que el ion cloruro se mide directamente, mientras que la concentración del catión sodio se asume que es igual a la concentración de cloruros.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos de este trabajo muestran que en el extracto acuoso se encuentran alcaloides, lactonas y flavonoides, además de los detectados en la fracción acuosa como azúcares reductores y saponinas que en su conjunto influyen en la acción diurética a una dosis de 30 y 120 mg/kg de extracto acuoso seco con respecto a la furosemida a una dosis de 20 mg/kg con un mecanismo de acción diferente a ésta.

## Agradecimientos

Gracias al programa PAPIME PE204118 “Actualización y fortalecimiento de la enseñanza experimental de las asignaturas: Fitoquímica y Farmacognosia y Fitofármacos de la licenciatura en Química Industrial” por el apoyo financiero para la realización de este proyecto.



## Referencias

- Cabrera, Luis. *Plantas curativas de México*. México D.F: Editores Mexicanos Unidos, 1990.
- Domínguez, Xorge Alejandro. *Métodos de Investigación Fitoquímica*. México D.F: Limusa S.A de C.V, 1988.
- Hall, J., y A Guyton. *Tratado de fisiología médica*. Barcelona: Elsevier, 2011.
- Morales-Buenrostro, Luis E, Sonia Citlali Juárez-Comboni, Jorge Aldrete-Velasco, y Alma Nelly Rodríguez-Alcocer. «Efectos renales y nefroprotección inducidos por el inhibidor SGLT, empagliflozina en pacientes con *Diabetes mellitus*: Revisión de la literatura.» *Rev Nefrol Dial Traspl*. 37, n° 1 (2017): 48-61.
- UNAM. *Biblioteca Digital de la Medicina Tradicional Mexicana*. 2009. <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/index.html> (último acceso: 3 de Mayo de 2021).

# DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE ACARREADORES LIPÍDICOS NANOESTRUCTURADOS CON CURCUMINOIDES, COMO TRATAMIENTO PARA EL ESTRÉS OXIDATIVO EN LA PIEL



*Marco Antonio Espinosa Olivares<sup>1</sup>, Norma Laura Delgado-Buenrostro<sup>2</sup>, Yolanda Irasema Chirino<sup>2</sup>, María Andrea Trejo-Márquez<sup>1</sup>, Selene Pascual-Bustamante<sup>1</sup>, Adriana Ganem Rondero<sup>1\*</sup>*

<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[maeo349@yahoo.com.mx](mailto:maeo349@yahoo.com.mx); [ganemq@hotmail.com](mailto:ganemq@hotmail.com)\*, [andreatrejo2009@gmail.com](mailto:andreatrejo2009@gmail.com)  
[spluna27@gmail.com](mailto:spluna27@gmail.com)

<sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México  
[nlbuenrostro@gmail.com](mailto:nlbuenrostro@gmail.com); [irasemachirino@gmail.com](mailto:irasemachirino@gmail.com)



## Resumen

Se prepararon cuatro formulaciones de portadores lipídicos nanoestructurados (NLC) conteniendo curcuminoides, probando dos tipos de lípidos sólidos (Compritol® 888 ATO y Precirol® ATO 5) y dos estabilizantes (poloxámero 407 y polisorbato 80). Se registraron tamaños de partícula entre 111 y 214 nm e índices de polidispersión < 0.3, con valores de potencial Z bajos debido al carácter no iónico de los estabilizadores. Los resultados mostraron que el tipo de tensoactivo tiene un impacto en la capacidad de penetración cutánea *ex vivo* de los curcuminoides. La microscopía láser confocal confirmó que todos los sistemas favorecieron la penetración de curcuminoides a capas

profundas de la piel, comparado con la solución de curcuminoides. La exposición de los sistemas a radiación intensa provocó la degradación de los curcuminoides, sin pérdida de actividad antioxidante, confirmando la acción antioxidante de los productos de degradación.

**Palabras clave:** Curcuminoides, Actividad antioxidante, Acarreadores lipídicos nanoestructurados, Penetración en piel, Fotoestabilidad.

---

## Antecedentes

Un gran número de enfermedades se atribuyen al estrés oxidativo (Baek y Lee, 2016). Sin embargo, la generación de radicales libres ocurre no solo por la exposición a diversos factores ambientales sino también como resultado de los propios procesos metabólicos del cuerpo (Edwin, 2016; Lu et al., 2019; Giraud et al., 2019). En los últimos años, los alimentos, los complementos nutricionales y los medicamentos con actividad antioxidante han ganado gran relevancia, entre ellos los curcuminoides (CUR), por sus reconocidas actividades antioxidantes y antiinflamatorias (Hussain et al., 2017b; Jordan et al., 2016). Estos compuestos actúan principalmente atrapando los radicales libres (especies reactivas de oxígeno y nitrógeno), mejorando el rendimiento de las enzimas con actividad captadora de radicales libres (p. Ej., Glutación peroxidasa) e inhibiendo el efecto de enzimas capaces de generarlos (p. Ej., Xantina oxidasa / hidrogenasa) (Rafiee et al., 2019). En el caso de la piel, se han realizado numerosos esfuerzos para prevenir o tratar diversas afecciones (p. Ej., cáncer, envejecimiento) que resultan de la presencia de radicales libres (Baek y Lee, 2016; Hussain et al., 2017a; Thangapazham et al., 2007; Abrahams et al., 2019). La administración tópica es el método de elección para tratar las enfermedades de la piel debido a la posibilidad de eludir el metabolismo de primer paso, mantener una concentración del fármaco en el sitio de acción durante períodos prolongados y reducir los efectos secundarios sistémicos (Khosa et al., 2018). Sin embargo, la aplicación directa de CUR en piel está restringida por factores como su baja solubilidad en agua, fotodegradación, inestabilidad química y la barrera natural que representa el estrato córneo. Por tanto, para mejorar su penetración en piel

se han utilizado potenciadores de absorción tanto físicos como químicos, así como nanoportadores (Hussain et al., 2017b; Rafiee et al., 2019; Chen et al., 2016). Entre ellos, las nanopartículas lipídicas sólidas y los acarreadores lipídicos nanoestructurados (NLC) se han desarrollado como sistemas de liberación alternativos a emulsiones, liposomas y nanopartículas poliméricas, atrayendo la atención de diversos grupos de investigación por su biocompatibilidad, facilidad de preparación, costo-beneficio, y la posibilidad de producirse a gran escala. Este trabajo se centra en la preparación y caracterización de NLC conteniendo CUR, con el objetivo de favorecer su penetración y asegurar su acción antioxidante cuando se administran en piel, ayudando así a contrarrestar los problemas que se derivan de la presencia de radicales libres.

## Objetivo

Evaluar la capacidad de penetración en piel de CUR formulados en NLC, con el fin de proponerlos como sistemas de liberación para vía tópica y transdérmica, que contribuyan a preservar su actividad antioxidante.

## Parte Experimental

**Materiales:** Curcuminoides ( $\geq 81\%$  curcumina) adquiridos en Sigma-Aldrich (EEUU). Lípidos sólidos: Compritol® 888 ATO (dibehenato de glicerilo), Precirol® ATO 5 (diestearato de glicerilo), Labrafil® M 2130 CS (lauroyl polioxil-6 glicéridos), Gelot™, 64 (monoestearato de glicerilo y estearato de Peg-75), Apifil® (cera de abejas Peg-8), Gelucire® 44/14 (lauroyl Peg-32 glicéridos), Suppocire® AP (glicéridos poliglicolizados saturados), Lecitina de soya y Ácido esteárico. Lípidos líquidos: Labrafac™ Lipophile WL 1349 (triglicéridos de cadena media), Labrasol® (caprilcaproil polioxil-8 glicéridos), Lauroglycol™ FCC (monolaurato de propilenglicol tipo I) y Capryol™ 90 (monocaprilato de propilenglicol tipo II), Miristato de isopropilo, Triglicéridos caprílico/cáprico y Glicerina. Tensioactivos: Pluronic® F-68 (poloxámero 188), Pluronic® F-127 (poloxámero 407), y Tween 80 (Polisorbato 80). Albúmina de suero bovino pH 7.0  $\geq 98\%$  (Sigma-Aldrich, EEUU), Triton® X-100 (USB™, EEUU), Glicerol anhidro (JT Baker, México), Hoechst 33,342 (Thermo Scientific, Alemania), In Vitrogen® molecular Probes® Rodamina Faloidina TRITC (Thermo Fisher Scientific, EEUU), cloruro de sodio (Fermont, México), ABTS

(2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfonato), sal de diamonio de 2,29-azinobis (ácido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico), de Diagnostics Roche (Alemania); persulfato de potasio (Sigma-Aldrich, EEUU) y fosfato de sodio monobásico de J. T. Baker (México). El agua se obtuvo de un sistema Milli-Q® (Millipore® Corp., MA; EE. UU.).

## Metodología

**Preparación de los NLC:** Para seleccionar los lípidos a utilizar en la preparación de los NLC, se determinó la solubilidad a 75 °C de los CUR en los lípidos sólidos y los lípidos líquidos mencionados en la lista de materiales. Con los lípidos seleccionados, se prepararon mezclas binarias lípido sólido:lípido líquido en proporción 85:15 (López y Ganem, 2015). Después de este cribado, se prepararon una serie de NLC, por el método de homogeneización de alto cizallamiento, mediante un diseño factorial 2<sup>3</sup>, analizando la influencia de factores como tipo de lípido sólido, tipo y concentración de surfactante. Brevemente, el proceso consistió en preparar una fase oleosa conformada por lípido sólido:lípido líquido 85:15 y, CUR y una fase acuosa conteniendo surfactante (1 y 3% p/v). La dispersión coloidal se produjo añadiendo la solución acuosa a la fase oleosa (ambas a 75 °C), agitando a 15,000 rpm empleando un Ultra Turrax® T18 Basic (IKA®, Alemania). La dispersión se enfrió en baño de agua a 2 °C (Espinosa-Olivares et al., 2020).

**Caracterización de los NLC:** El tamaño de partícula (TP), índice de polidispersión (PDI) y potencial zeta (PZ) de los NLC, se determinaron mediante espectroscopía de correlación de fotones utilizando un analizador de partículas (Malvern, USA). La eficiencia de encapsulación (EE), eficiencia del proceso (EP) y capacidad de carga (LC), se calcularon de acuerdo con las ecuaciones:  $EE = (W \text{ Activo NLCs} / W \text{ Activo Total}) \times 100$ ;  $EP = (W \text{ NLC Placebo} / W \text{ sólidos totales}) \times 100$  y  $LC = [(W \text{ Activo NLCs} / (W \text{ sólidos totales})) (\chi_{EP})]$ . Donde **W Activo NLCs** = Cantidad de CUR cargados; **W Activo Total** = Cantidad total de CUR; **W NLC Placebo** = Cantidad de lípidos que formaron los NLCs; **W sólidos Totales** = Cantidad de lípidos totales más surfactante empleados en la preparación de los NLC;  $\chi_{EP}$  = fracción de la eficiencia del proceso.

**Permeación de CUR a través de piel *ex vivo*:** Se utilizó piel de oreja porcina y celdas de difusión tipo Franz. El medio receptor consistió en 2 mL de etanol-agua (1:1 v/v) a 37 °C y el donador de 0.5 mL de cada formulación. Como referencia se usó una solución hidroalcohólica de CUR. Se tomaron muestras del medio receptor (2 mL) a

distintos intervalos de tiempo. La concentración del fármaco se determinó por espectrofotometría (HITACHI, Japón modelo U-5100) a 428 nm, calculando el flujo (J) y el coeficiente de permeabilidad (P) a partir de perfiles de cantidad permeada/área vs tiempo ( $P = J/\text{concentración de CUR en las formulaciones}$ ).

**Distribución de CUR en piel ex vivo mediante microscopía de escaneo láser confocal:** El análisis se llevó a cabo por la técnica de marcaje de fluorescencia específica, permeabilizando con una solución de Tritón X-100 al 1% en solución salina al 0.9%, bloqueando con solución de albúmina al 1% en solución salina al 0.9%. Las muestras se marcaron con DAPI-Faloidina-Rodamina y se analizaron en el microscopio confocal de escaneo láser invertido (Leica TCS SP8, Alemania). Las longitudes de onda de excitación y emisión fueron 488 nm y 550 nm, respectivamente. Se realizaron 36 cortes ópticos de 3  $\mu\text{m}$  cada uno. Las imágenes se analizaron con el software Leica Las X.

**Métodos analíticos para la cuantificación de CUR:** La cantidad de CUR se determinó mediante espectrofotometría UV (espectrofotómetro Hitachi U-5100, Japón). Se validaron métodos para cuantificar CUR en los NLC (medio: etanol, 424.5 nm), así como en el receptor durante los estudios de permeación (medio: etanol:agua 1:1 v/v, 430 nm).

**Prueba de fotoestabilidad:** Las formulaciones de NLC con CUR se almacenaron en frascos de vidrio a 25 °C, probando dos condiciones: Con protección de luz (control oscuro) y sin protección, exponiendo las muestras a una iluminación global de no menos de 1.2 millones de lux-hora y una energía ultravioleta integrada de no menos de 200 vatios h/m<sup>2</sup> durante 9 días. Se determinó el contenido de CUR y porcentaje de inhibición de oxidación.

**Actividad antioxidante:** Se realizó por el método del radical catiónico ABTS<sup>+</sup> (Re et al., 1999). El proceso completo se encuentra descrito en Espinosa-Olivares et al. (2020). La absorbancia se midió a 734 nm. La solución sin muestra se utilizó como control. El efecto antioxidante se expresó en términos de reducción de la absorbancia ABTS<sup>+</sup> referida como el porcentaje de inhibición de acuerdo con la ecuación: % Inhibición =  $[1 - (A_F/A_0)] \times 100$ . Donde  $A_F$  = es la absorbancia en presencia de la muestra y  $A_0$  = es la absorbancia de la reacción control. Se comparó el porcentaje de inhibición de CUR incluidos en los NLC con el obtenido para una solución de CUR.

## Resultados y discusión

### Preparación de los NLC cargados con CUR

El método para preparar los NLC cargados con CUR se optimizó a través de un diseño experimental, evaluando la influencia de los siguientes factores: tipo de lípidos, tipo y concentración de surfactante. De acuerdo con los resultados obtenidos, se prepararon formulaciones con los siguientes materiales, a las concentraciones que se indican: Compritol® 888 ATO (C) y Precirol® ATO 5 (P) como lípidos sólidos al 85%; Labrasol® (L), lípido líquido al 15%; Polisorbato 80 (T80) y Poloxámero 407 (P407) como surfactantes a una concentración del 1 %.

### Caracterización de los NLC cargados con CUR

Se caracterizaron los siguientes sistemas CLT80-Cur, CLP407-Cur, PCLT80-Cur y PCP407-Cur (las abreviaturas corresponden a los componentes mencionados en el apartado anterior). Parámetros analizados: TP, IDP, PZ, EE, EP y LC. Los resultados aparecen en la Tabla 1.

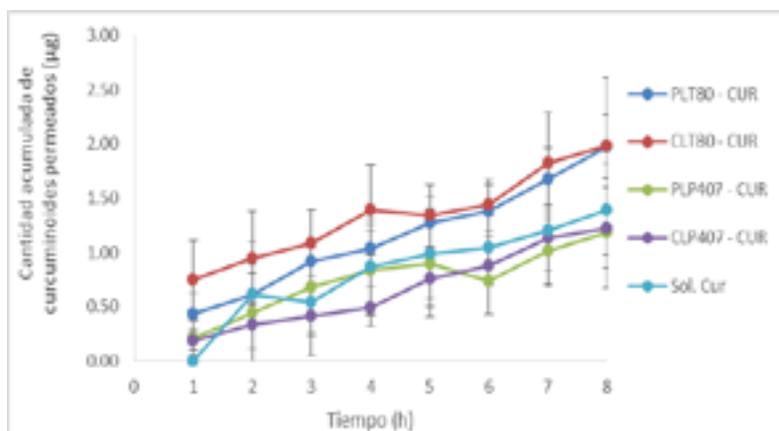
**Tabla 1.** Resultados de la caracterización de los NLC. Tamaño de partícula (TP); Índice de polidispersión (IDP); Potencial Z (PZ); Eficiencia de encapsulamiento (EE); Capacidad de carga (LC) y Eficiencia de Proceso (EP)

Formulaciones	PARÁMETROS					
	TP (nm)	IDP	PZ (mV)	EE (%)	LC (µg/mg)	EP (%)
CLT80-Cur	213.9 ± 8.1	0.20 ± 0.02	-15.5 ± 0.6	79.70 ± 1.0	2.63 ± 0.03	92.9 ± 2.1
CLP407-Cur	149.9 ± 15.1	0.24 ± 0.04	-7.2 ± 0.9	86.67 ± 3.1	3.18 ± 0.11	91.7 ± 3.3
PLT80-Cur	148.4 ± 6.6	0.20 ± 0.02	-14.6 ± 0.9	90.36 ± 1.5	2.97 ± 0.05	90.4 ± 3.2
PLP407-Cur	111.7 ± 7.9	0.24 ± 0.02	-4.1 ± 0.6	96.89 ± 0.3	3.26 ± 0.01	93.9 ± 4.5

El tamaño de partícula de las cuatro formulaciones con CUR, se encontró entre 111 y 214 nm (Tabla 1), por lo que se considera aceptable para favorecer su adhesividad, área de contacto y promoción de la penetración del activo en la piel. El IPD fue menor a 0.3, indicando homogeneidad en el tamaño de partícula. En teoría, las dispersiones requieren como mínimo un PZ  $\pm$  30mV para su estabilización electrostática (Khosa et al., 2018; Thatipamula et al 2011), sin embargo aunque los sistemas presentaron PZ de -4.1 a -15.5 mV, la presencia de polisorbato 80 o poloxámero 407 (surfactantes no iónicos) impartió estabilidad estérica a las dispersiones (Friedrich et al., 2015). Los resultados arrojaron una EE del 80 al 97%, EP mayor al 92% y LC de 3.9 al 5.0  $\mu$ g/mg (Tabla 1). El alto valor de EE se atribuye a la naturaleza lipofílica de los CUR y su afinidad por la matriz lipídica de los NLC.

### Permeación de CUR a través de piel ex vivo

Se analizaron las siguientes formulaciones CLT80-Cur, CLP407-Cur, PLT80-Cur, PLP407-Cur y como control una solución de CUR. Como se puede ver en la Figura 1, la cantidad permeada fue mayor para las formulaciones con polisorbato 80 que para aquellas con poloxámero 407. Esto se reflejó en los resultados de flujo y coeficiente de permeabilidad (Tabla 2) y se atribuye a que el polisorbato 80 contiene óxido de etileno y una cadena de hidrocarburos larga, que le permiten interactuar con los lípidos de la piel, actuando como promotor de permeación (Silva Favacho et al., 2020), por lo que aparentemente el estabilizante, más que el material lipídico, es el que modula la permeabilidad de los CUR a través de la piel.



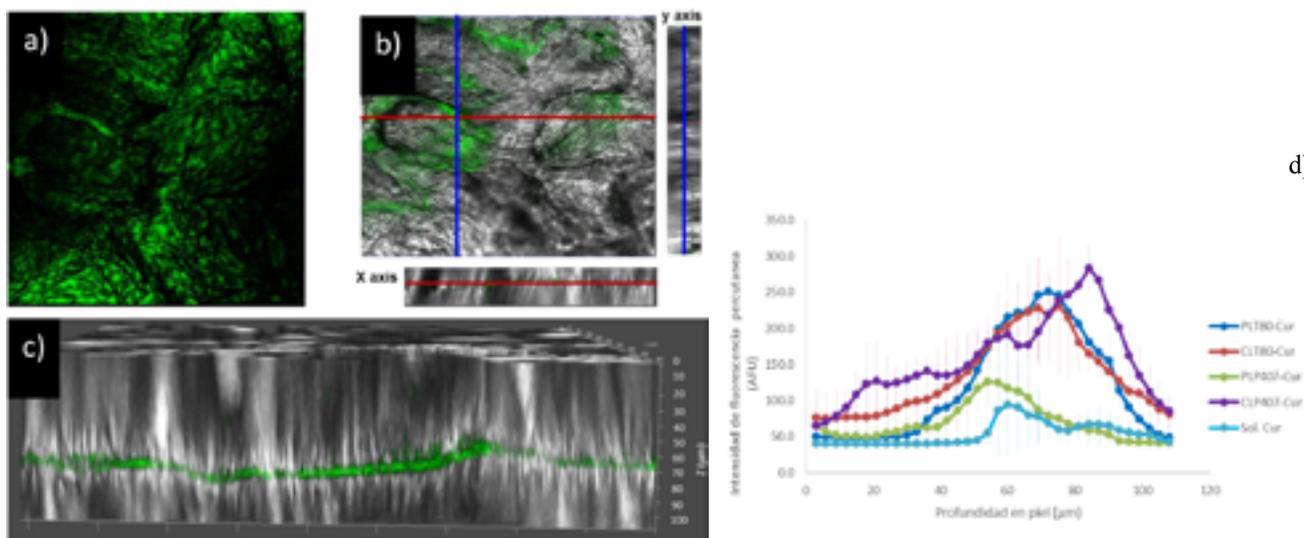
**Figura 1.** Perfil de permeación para NLC conteniendo CUR (promedio  $\pm$  desviación estándar,  $n = 6$ )

**Tabla 2.** Valores de flujo y coeficientes de permeabilidad para NLC conteniendo CUR

Sistemas	Flujo ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2 \text{ h}$ ) ( $1 \times 10^{-1}$ )	Coefficiente de permeabilidad ( $\text{cm}/\text{h}$ ) ( $1 \times 10^{-3}$ )
CLT80-Cur	$1.95 \pm 0.62$	$4.8 \pm 1.5$
CLP407-Cur	$1.20 \pm 0.41$	$2.6 \pm 0.8$
PLT80-Cur	$1.65 \pm 0.31$	$3.5 \pm 0.6$
PLP407-Cur	$0.92 \pm 0.47$	$1.9 \pm 0.9$
Sol. Cur	$1.33 \pm 0.35$	$3.0 \pm 0.8$

### Distribución de CUR en piel ex vivo mediante microscopía de escaneo láser confocal

En la Figura 2(a) se puede ver la proyección máxima que corresponde a la fluorescencia total de los 36 cortes realizados; mientras que la Figura 2(b) es una imagen ortogonal que muestra zonas de penetración del activo; finalmente, la Figura 2(c) presenta una imagen 3D que permite observar la profundidad de penetración de los CUR.



**Figura 2.** (a, b y c) Imágenes representativas obtenidas por microscopía de láser confocal para el sistema CLT80-Cur (se describen en el texto) y (d) gráfico de perfil de penetración para los NLC conteniendo CUR

A partir de los datos de fluorescencia obtenidos con el microscopio confocal, se construyó un perfil de penetración para las distintas formulaciones, el cual aparece en la Figura 2(d). Todas las formulaciones fueron capaces de franquear el estrato corneo. Los sistemas que permitieron una mayor deposición de CUR fueron CLP407, CLT80 y PLT80, con cantidades máximas encontradas entre los 60 y 84  $\mu\text{m}$ , comportamiento atribuible a la composición de cada formulación. Los CUR en solución mostraron la menor capacidad de penetración en piel, a pesar de ser una solución hidroalcohólica y de las bien conocidas propiedades del etanol como promotor de permeación. Estos resultados confirman la capacidad de los NLC como sistemas de liberación para promover la penetración de los CUR en piel y con ello, su potencial uso para tratar distintas afecciones.

### **Fotoestabilidad y actividad antioxidante**

En el estudio de fotoestabilidad, un resultado interesante es que los NLC protegidos contra la luz preservaron la estabilidad de los CUR, mientras que sin protección contra la luz, mostraron una dramática reducción (aprox. 93 %) en el contenido de CUR (Figura 3a). No obstante, a pesar de esta importante degradación, el porcentaje de inhibición (Figura 3b), relacionado con su actividad antioxidante, solo se redujo entre un 16.3% a un 21.4%.

Esto se puede atribuir a que los principales productos de degradación de los CUR (e.g., vainillina, ácido ferúlico, aldehído ferúlico, feruloil metano) tienen grupos OH y grupos metoxi en la posición 3 y 3', los cuales también presentan propiedades antioxidantes (la actividad antioxidante de los CUR resulta del grupo hidroxilo del anillo de fenol) (Tai et al, 2011; Chang et al 2019). Es decir, la actividad antioxidante no guarda una relación directa con la cantidad CUR, contribuyendo también a esta actividad sus productos de degradación.

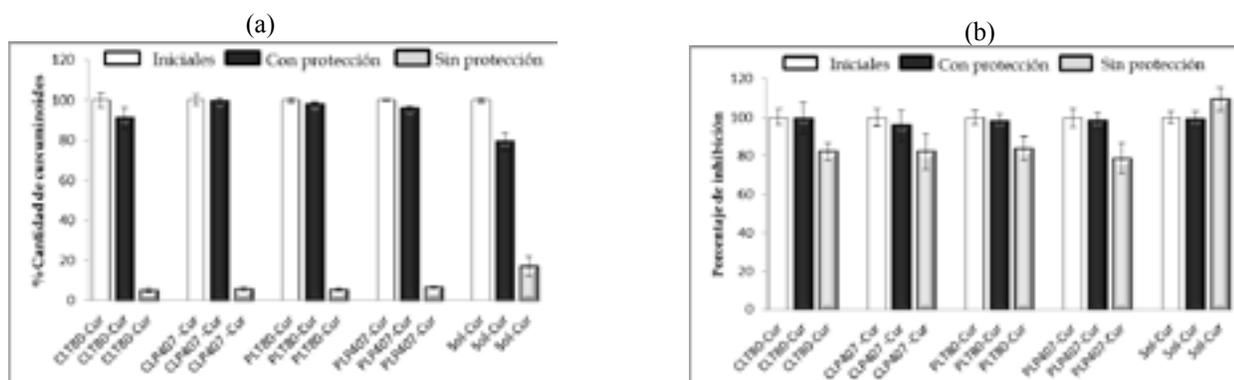


Figura 3. (a) Resultados de la prueba de fotoestabilidad y (b) actividad antioxidante, expresada como porcentaje de inhibición, para los NLC conteniendo CUR

## Conclusiones

Los NLC preparados poseen tamaños de partícula e IPD adecuados para su administración tópica. Todos los NLC preparados permitieron la penetración en piel de una mayor cantidad de CUR, en relación con los CUR en solución, y todos, con excepción del sistema PLP407-Cur, alcanzaron capas de la piel más profundas que la solución. Los estudios de estabilidad mostraron que la incorporación de los CUR en los NLC los protege de la degradación al estar protegidos de la luz. La exposición a la luz degrada los CUR, aún contenidos en los NLC, aunque esta degradación no guarda relación con su actividad antioxidante. Este estudio muestra la capacidad de los NLC como acarreadores para promover la penetración de CUR hacia capas profundas de la piel.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el soporte financiero proporcionado por los proyectos PIAPI/FESC (Ref. PIAPI2021) y PAPIIT/UNAM (Ref. IN226119).



## Referencias

- S. Abrahams, W. Haylett, G. Johnson, J. Carr, S. Bardien, 2019. Antioxidant effects of curcumin in models of neurodegeneration, aging, oxidative, and nitrosative stress: a review. *Neuroscience* 406, 1–21.
- J. Baek, M.G. Lee, 2016. Oxidative stress and antioxidant strategies in dermatology. *Redox Rep.* 21, 164–169.
- C. Chang, T. Meikle, Y. Su, X. Wang, C. Dekiwadia, C. Drummond, C. Conn, Y. Yang, 2019. Encapsulation in egg white protein nanoparticles protects anti-oxidant activity of curcumin. *Food Chem.* 280, 65–72.
- P. Chen, H. Zhang, Sh. Cheng, G. Zhai, Ch. Shen, 2016. Development of curcumin loaded nanostructured lipid carrier based thermosensitive in situ gel for dermal delivery. *Colloids Surf. A* 506, 356–362.
- D. Edwin, 2016. Skin aging and oxidative stress: equol's anti-aging effects via biochemical and molecular mechanisms. *Ageing Res. Rev.* 31, 36–54.
- M.A. Espinosa-Olivares, N.L. Delgado-Buenrostro, Y.I. Chirino, M.A. Trejo-Márquez, S. Pascual-Bustamante, A. Ganem-Rondero, 2020. Nanostructured lipid carriers loaded with curcuminoids: Physicochemical characterization, in vitro release, ex vivo skin penetration, stability and antioxidant activity. *Eur. J. Pharm. Sci.* 155, 105533.
- R.B. Friedrich, B. Kann, K. Coradini, H.L. Offerhaus, R.C.R. Beck, M. Windbergs, 2015. Skin penetration behavior of lipid-core nanocapsules for simultaneous delivery of resveratrol and curcumin. *Eur. J. Pharm. Sci.* 78, 204–213.
- M. Giraud, G. Rivera, D. Moreira, A. Burmester, A. Castro, J. Carvajalino, A. Dafre, C. Niu, N. Tremblay, B. Paital, R. Rosa, J. Storey, I. Vega, W. Zhang, G. Yepiz, T. Zenteno, K. Storey, M. Hermes, 2019. Twenty years of the 'Preparation for Oxidative Stress' (POS) theory: ecophysiological advantages and molecular strategies. *Compr. Biochem. Physiol. Part A* 234, 36–49.
- Z. Hussain, H.E. Thu, M.W. Amjad, F. Hussain, T.A. Ahmed, S. Khan, 2017a. Exploring recent developments to improve antioxidant, anti-inflammatory and antimicrobial efficacy of curcumin: a review of new trends and future perspectives. *Mater. Sci. Eng. C* 77, 1316–1326.
- Z. Hussain, H.E. Thu, Sh-F. Ng, Sh. Khan, H. Katas, 2017b. Nanoencapsulation, an efficient and promising approach to maximize wound healing efficacy of curcumin: a review of new trends and state-of-the-art. *Colloids Surf. A* 150, 223–241.
- B.C. Jordan, ChD. Mock, R. Thilagavathi, Ch. Selvan, 2016. Molecular mechanisms of curcumin and its semisynthetic analogues in prostate cancer prevention and treatment. *Life Sci.* 152, 135–144.

- A. Khosa, S. Reddi, R.N. Saha, 2018. Nanostructured lipid carriers for site-specific drug delivery. *Biomed. Pharmacother.* 103, 598–613.
- G. López, A. Ganem, 2015. Solid lipid nanoparticles (SLN) and nanostructured lipid carriers (NLC): occlusive effect and penetration enhancement ability. *J. Cosmet. Dermatol. Sci. Appl.* 5, 62–72.
- Z. Rafiee, M. Nejatian, M. Daeihamed, S.M. Jafari, 2019. Application of curcumin loaded nanocarriers for food, drug and cosmetic purposes. *Trends Food Sci. Technol.* 88, 445–458.
- R. Re, N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang, C. Rice, 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 26 (9–10), 1231–1237.
- H.A. Silva Favacho, R. Oliveira do Couto, M. Peres Ferreira Duarte, M.P. Garfo Peixoto, R. Fonseca Vianna López, V. Pedrazzi, C. Masetto de Gaitani, O. de Freitas, 2020. Synergy between surfactants and mucoadhesive polymers enhances the transbuccal permeation of local anesthetics from freeze-dried tablets. *Mater. Sci. Eng. C* 108, 110373.
- A. Tai, T. Sawano, F. Yazama, H. Ito, 2011. Evaluation of antioxidant activity of vanillin by using multiple antioxidant assays. *Biochim. Biophys. A Acta (BBA)* 1810 (2), 170–177.
- R. Thangapazham, A. Sharma, R. Maheshwari, 2007. Beneficial role of curcumin in skin diseases. *The Molecular Targets and Therapeutic Uses of Curcumin in Health and Disease* 595. pp. 343–357.
- R. Thatipamula, C. Palem, R. Gannu, S. Mudragada, M. Yamsani, 2011. Formulation and in vitro characterization of domperidone loaded solid lipid nanoparticles and nanostructured lipid carriers. *DARU* 19 (1), 23–32.

# DESCRIPTORES QUÍMICOS EN COMPLEJOS DE PALADIO Y SUS LIGANTES TRIDENTADOS CON RELACIÓN A SU ACTIVIDAD CATALÍTICA EN LA REACCIÓN DE SUSUKI MIYAURA



*Celia Verónica Mancilla Frías, Alejandro Castillo García, Fernando Ortega Jimenez\*, Esther Agacino Valdés\**

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan, Universidad Nacional Autónoma de México*  
[fdo.ortega@unam.mx](mailto:fdo.ortega@unam.mx), [eagacino@unam.mx](mailto:eagacino@unam.mx)



## Resumen

Diversos descriptores de energía y carga, fueron calculados para 8 ligantes tridentados en su forma libre y formando complejos de Paladio, aplicando el formalismo de la Teoría de Funcionales de la Densidad con el funcional B3LYP y las bases 6-31G(d,p) para C, H, O, N y S y LANL2DZ para Pd. Estos descriptores fueron analizados, tomando como referencia el TOF, un indicador experimental de efectividad catalítica obtenido para la reacción del 4-bromoanisol y ácido fenilborónico, ya estudiada experimentalmente y donde los complejos de Pd actuaron como catalizadores. En un primer estudio exploratorio se encontró, que el poder electrodonor y electroceptor, la dureza y la energía de interacción metal- ligante, podrían ser descriptores a evaluar, en la selección del ligante adecuado, para un complejo de Paladio actuando como catalizador en una reacción del tipo Suzuki Miyaura.

**Palabras clave:** Catalizadores Organometálicos, Complejos de Paladio, Actividad Catalítica, Descriptores Químicos, Reacción de Suzuki Miyaura.

## Antecedentes

La química de compuestos organometálicos ha sido un área de gran crecimiento en los últimos años, debido a las aplicaciones que presentan estos compuestos, entre las cuales se destaca su uso como catalizadores en diversas reacciones de importancia para la obtención de productos especiales tales como fármacos y detergentes, entre otros.

Entre los catalizadores con mayor eficiencia catalítica se encuentran ciertos complejos de Paladio, de amplia utilización en la reacción de Suzuki-Miyaura; en esta reacción, se produce un acoplamiento carbono-carbono en el que dos fragmentos de hidrocarburos forman un nuevo enlace químico para generar una sola molécula. Esta reacción ha representado una de las revoluciones más importantes en la química orgánica sintética, siendo de uso muy frecuente en el campo de la industria y la investigación.

Como es conocido, la actividad catalítica está relacionada con el desempeño de un catalizador para llevar a una reacción por el mecanismo o camino energético, que permita obtener los productos deseados de forma eficiente, es decir, a través de un proceso favorecido desde el punto de vista termodinámico y cinético y con el menor requerimiento de catalizador.

Estudios de la reacción de acoplamiento C-C de Suzuki-Miyaura han demostrado que la diferencia de energía asociada al proceso de adición oxidativa [ $\Delta E(\text{Rxn})$ ] (Busch *et al.*, 2015) podía ser un buen descriptor para estudiar la efectividad de catalizador de Pd en esta reacción. Los *descriptores* son números que codifican de forma diversa la información química presente en la geometría de una molécula y pueden relacionarse con su reactividad, su actividad farmacológica o su actividad catalítica.

Con base en lo anterior, Meyer y *co.* utilizaron el modelo de “machine learning” y el descriptor ya señalado para encontrar el mejor candidato a catalizador (Meyer *et al.*, 2018); fueron calculados complejos de Pt, Pd, Ni, Cu, Ag y Au combinados con 91

ligantes, encontrándose que aquellos catalizadores cuyo  $\Delta E(\text{Rxn})$  se encuentra en el rango entre  $-32$  y  $-23$  kcal mol<sup>-1</sup>, podrían tener una actividad catalítica aceptable para esta reacción y con este criterio reportaron 37 catalizadores como finalistas. Si la etapa de adición oxidativa al parecer, es importante para evaluar la eficiencia del catalizador, entonces la capacidad del centro metálico para oxidarse, podría relacionarse también con la capacidad electrófila de los ligantes. Partiendo de este antecedente, en este trabajo se decidió realizar un primer estudio exploratorio utilizando algunos descriptores de energía, carga y un descriptor de naturaleza termodinámica como la Energía libre de Gibb, para explorar su posible relación con la eficiencia catalítica de complejos de Paladio utilizados como catalizador en la reacción del 4-bromoanisol y ácido fenilborónico, ya estudiada experimentalmente (Camacho-Espinoza *et al.*, 2019).

## Objetivo

Realizar un estudio exploratorio estructura-actividad catalítica, evaluando algunos descriptores químicos con el formalismo de la Teoría de Funcionales de la Densidad (TFD), en 8 ligantes tridentados y sus respectivos complejos de Paladio, los cuales ha sido probados experimentalmente como precursores catalíticos en la reacción de acoplamiento C-C del tipo Suzuki-Miyaura

## Detalles Computacionales y Metodología

Los cálculos electrónicos fueron desarrollados con el paquete G09, utilizando el funcional B3LYP; para C, H, O, N y S se utilizó la base 6-311G(d,p) y para Pd, LANL2DZ fue la base utilizada. Tanto los ligantes como los complejos de Pd modelados, fueron sometidos a una optimización completa de geometría sin restricciones de simetría; posterior a las optimizaciones de geometrías, fueron realizados cálculos de frecuencia, los cuales permitieron confirmar la existencia de los correspondientes mínimos de energía, al identificar la ausencia de frecuencias imaginarias.

Las energías totales calculadas permitieron evaluar la energías de enlazamiento para los ligantes, y de interacción metal(M) Ligante(L) para los complejos considerados en el estudio y confirmar así sus respectivas estabildades; las ecuaciones utilizadas se presentan a continuación:

$$E_{\text{binding}}(\text{Ligante}) = [LE(C) + ME(N) + E(S) + NE(H)] - E(C_L N_M S H_N) \quad (1)$$

$$E_{\text{Inter ML}} = [E(\text{Ligante tridentado}) + E(\text{Ligante Monodentado}) + E(\text{Ru})] - E(\text{Complejo}) \quad (2)$$

Los descriptores químicos considerados fueron la dureza ( $\eta$ ), el gap(HOMO-LUMO ( $\Delta_{H-L}$ ), la diferencia de energía libre de Gibbs asociada a cierto paso del mecanismo ( $\Delta G$ ), así como el poder electroaceptor ( $\bar{\omega}^+$ ) y electrodonor ( $\bar{\omega}^-$ ) estos últimos, propuestos por Gazquez *et al.* (Gazquez *et al.*, 2007); las ecuaciones se listan continuación y como se observa, debieron obtenerse previamente la energía de ionización ( $EI$ ) y la afinidad electrónica ( $AE$ ) verticales.

$$\eta = EI - AE \quad (3)$$

$$\Delta_{H-L} = E_H - E_L \quad (4)$$

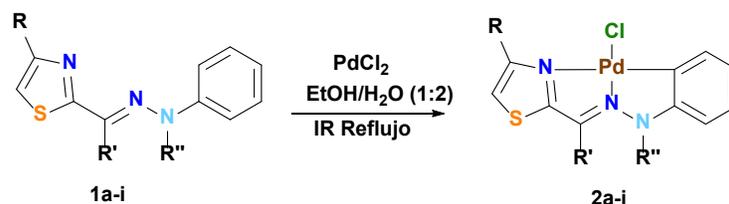
$$\Delta G_{E-C} = \Delta G_E - \Delta G_C \quad (5)$$

$$\bar{\omega}^+ = \frac{(EI + 3EA)^2}{16(EI - EA)} \quad (6)$$

$$\bar{\omega}^- = \frac{(3EI + EA)^2}{16(EI - EA)} \quad (7)$$

La tabla 1 presenta la geometría de los ligantes con los sustituyentes considerados en el estudio; como puede observarse, estos ligantes están formados por un anillo de 1,3-tiazol y un fragmento de hidrazona sustituida, con un anillo fenílico en posición ortogonal y se diferencian entre sí por tres posiciones, denotadas por los sustituyentes R, R' y R'', las cuales producen 8 variantes. Para estos 8 ligantes fueron calculados los descriptores ya señalados.

**Tabla 1.** Geometría general de los ligantes y complejos estudiados



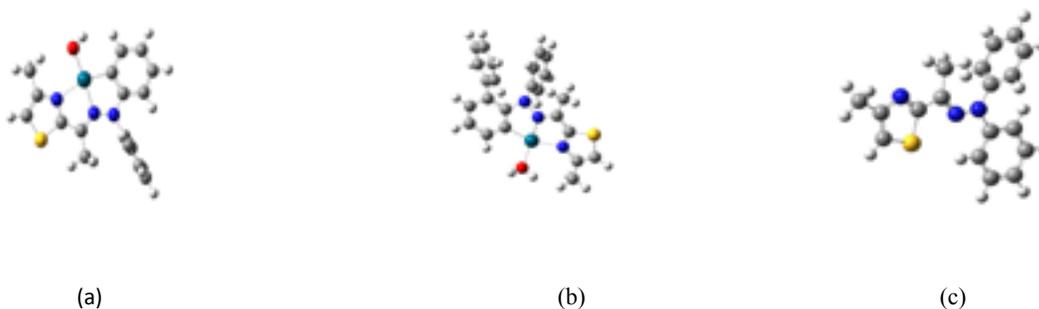
Ligante y/o complejo(*)	R	R'	R''
<i>a</i>	Me	Me	Ph
<i>b</i>	Me	Me	Me
<i>c</i>	Me	Me	Bz
<i>d</i>	H	Me	Ph
<i>e</i>	H	Me	Me
<i>g</i>	Me	H	Ph
<i>h</i>	Me	H	Me
<i>i</i>	Me	H	Bz

(\*) El ligante *f* no fue considerado en el estudio pues la geometría tuvo dificultades para su optimización; sin embargo, se consideró conveniente conservar la notación del artículo de referencia (Camacho-Espinoza et al., 2019).

Al ser el objetivo principal del estudio, la actividad catalítica de estos complejos de paladio, la especie estudiada fue el complejo C (Fig. 1) que inicia los dos posibles ciclos catalíticos que han sido propuestos. En esta estructura, los ligandos tridentados se coordinan a tres sitios coplanares adyacentes, que son el anillo aromático y los nitrógenos de los anillos de tiazol y de la hidrazona.

## Resultados y discusión

### Geometrías optimizadas



**Figura 1.** Geometrías optimizadas de (a) ligante *a* libre; (b) complejo C; (c) complejo E

*Descriptores para los ligantes*

En la Tabla 2 se presentan las energías de enlazamientos obtenidas, así como las energías de ionización y afinidades electrónicas verticales; estos últimos parámetros (EI, AE) como se mencionó, fueron utilizados para calcular algunos de los índices de reactividad. Como lo indican las energías de enlazamiento positivas obtenidas de la ecuación (1), todos los ligantes son estables, siendo el orden de estabilidad:  $c > a \approx i > g > d > b > h > e$ . Lo anterior significa, que la energía total de la molécula (ligante) es mayor en valor absoluto que la de los átomos por separado, considerando que todas las energías totales todas son negativas.

**Tabla 2.** Energías de Enlazamiento (EE/eV), Energía de Ionización (EI/eV); Afinidad Electrónica (AE/eV)

Ligante	BE ( $10^{-3}$ )/ eV	EI	AE
<i>a</i>	18.352	6.452	-0.207
<i>b</i>	14.388	6.566	-0.110
<i>c</i>	19.581	6.540	-0.168
<i>d</i>	17.099	6.536	-0.175
<i>e</i>	13.135	7.492	-1.051
<i>g</i>	17.129	6.550	-0.157
<i>h</i>	13.165	6.978	-0.297
<i>i</i>	18.359	9.641	-3.388

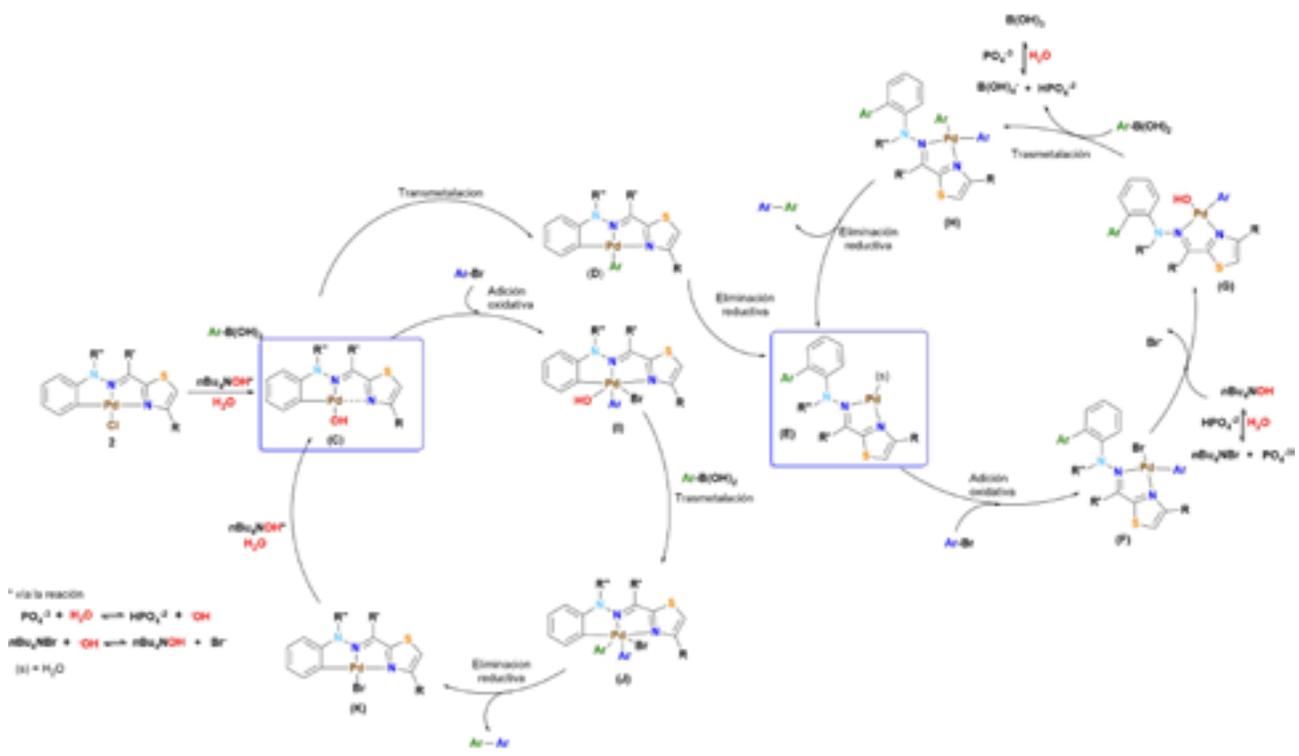
La Tabla 3, muestra los índices de reactividad calculados para los 8 ligantes, además de un índice experimental, el TOF, definido como TON/t el cual se adoptó como referencia experimental de la actividad catalítica, en tanto mide la relación entre el cociente de los moles de producto formado a los moles de catalizador usado por la unidad de tiempo. Este indicador fue determinado para la reacción ya señalada (Camacho Espinosa *et al.*, 2019).

**Tabla 3.** Descriptores de reactividad calculados: poder electroceptor ( $\tilde{\omega}^+$ ), y electrodonor ( $\tilde{\omega}^-$ ), dureza ( $\eta$ ), energía de orbitales frontera HOMO y LUMO ( $E_H$  y  $E_L$ ) y el gap HOMO-LUMO ( $\Delta_{H-L}$ ) en eV, TOF ( $h^{-1}$ ).

Ligante	$\tilde{\omega}^+$	$\tilde{\omega}^-$	$\eta$	$\Delta_{H-L}$	TOF
<i>a</i>	0.319	3.442	6.659	-3.802	5400
<i>b</i>	0.364	3.591	6.676	-5.871	4800
<i>c</i>	0.340	3.526	6.708	-5.523	3000
<i>d</i>	0.336	3.517	6.712	-5.156	3500
<i>e</i>	0.138	3.358	8.543	-3.561	3500
<i>g</i>	0.344	3.541	6.706	1.383	4250
<i>h</i>	0.318	3.659	7.275	-3.846	4000
<i>i</i>	0.001	3.128	13.029	-4.992	3000

En esta tabla 3 se observa que para todos los ligantes en estudio, el poder electroceptor (presenta valores bajos (menores a 1), mientras que el poder electrodonor (presenta valores entre 3 y 3.6; lo anterior indica una mayor capacidad electrodonora de los 8 ligantes que electroceptora por lo que podría interpretarse que estos ligantes ya coordinados al Paladio formando el complejo **C**, brindarían un entorno químico que favorecería la donación de cierta fracción de carga hacia el centro metálico y la posible reducción del Paladio, mas que la oxidación, lo cual está acorde con Camacho-Espinosa *et al.* (Camacho Espinosa *et al.*, 2019), quienes señalan que la ruta del ciclo catalítico que lleva al intermediario **D** es la mas probable; en esta ruta, después de una transmetalación donde se forma **D**, se produce una eliminación reductiva de  $Pd^{2+}$  a  $Pd^0$ , para formar **E**, que daría inicio al ciclo catalítico (ver figura 2).

Con respecto a la dureza ( $\eta$ ), nótese que excepto el ligante (*i*) los demás ligantes presentaron la dureza entre 6 y 8; por otra parte, considerando dos series de tres ligantes (*a - c*) y (*g - i*) donde solo cambia el sustituyente  $R''$  se observa que a mayor dureza del ligante (menos blando) menor valor del TOF; de esta forma, una menor dureza (ligante mas blando) favorecería, la transferencia de carga ligante-metal; según las tendencias anteriores, para los ligantes *d* y *e* debería esperarse que el desempeño catalítico en el complejo de Pd con ligante *e* fuera mayor, aunque los TOF dieron iguales. El gap HOMO -LUMO no evidenció alguna regularidad que pudiera destacarse.



**Figura 2.** Propuesta de ciclos catalíticos (Camacho-Espinoza et al., 2019). Nótese que el complejo C, puede derivar en dos caminos catalíticos.

Índices de Reactividad del Complejo Pd

Para los complejos C de Pd, se analizaron la energía de interacción Metal-Ligante, el GAP (HOMO-LUMO) y la diferencia de energía libre entre los complejos E y C en el ciclo catalítico, los cuales se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Descriptores de reactividad calculados para los complejos C: Energía de Interacción Metal-Ligante ( $E_{M-L}/\text{kcal mol}^{-1}$ ), gap HOMO-LUMO ( $\Delta_{H-L}$ )/eV, Variación de la Energía libre de Gibbs ( $\Delta G/\text{kcal mol}^{-1}$ ) y TOF( $\text{h}^{-1}$ ).

Ligante	$E_{M-L}$	( $\Delta_{H-L}$ )	$\Delta G (10^{-3})$	TOF
<i>a</i>	249.316	-3.081	-145.434	5400
<i>b</i>	250.348	-3.066	145.440	4800
<i>c</i>	265.711	-3.091	-145.417	3000
<i>d</i>	248.832	-3.081	-145.436	3500
<i>e</i>	249.945	-3.060	-145.444	3500
<i>g</i>	247.946	-3.087	-145.433	4250
<i>h</i>	249.156	-3.099	-145.436	4000
<i>i</i>	244.710	-3.104	-145.435	3000

La energía de Interacción Metal-Ligante oscila en el rango de 244 - 266  $\text{kcal mol}^{-1}$  y el complejo (*i*) resultó tener la menor energía de interacción Metal-Ligante y a la vez la mayor dureza y estabilidad de su ligante tridentado. La brecha de energía HOMO-LUMO se mantuvo alrededor de 3 eV y la diferencia en la energía libre de Gibbs entre los complejos E y C en todos los casos fue negativa, indicando que para todos los ligantes el paso C→E es termodinámicamente favorable.

## Conclusiones

Para 8 ligantes tridentados en su forma libre y formando complejos de Paladio, un conjunto de descriptores químicos fueron calculados, aplicando el formalismo de la Teoría de Funcionales de la Densidad con el funcional B3LYP y las bases 6-31G(d,p) para C, H, O, N y S y LANL2DZ para Pd. Estos descriptores fueron analizados tomando como referencia el TOF, un indicador experimental de efectividad catalítica, En los ligantes libres, la dureza, el poder electrodonador y el poder electroceptor podrían tener una función predictiva importante en la selección del ligante adecuado, para un complejo de Paladio actuando como catalizador en una reacción del tipo Suzuki Miyaura.

En los complejos de Pd, la energía de Interacción Metal-Ligante, la variación de la energía libre de Gibbs y el GAP HOMO-LUMO podrían tener también un valor predictivo.

### Agradecimientos

Los autores agradecen los recursos de supercómputo recibidos a través del proyecto LANCAD-UNAM-DGTIC-156 de la UNAM. Los autores también agradecen a FES-Cuautitlan y UNAM el apoyo financiero a través de los proyectos PAPIIT-IN210721 y PIAPI-2002.



### Referencias

Busch, M.; Wodrich, M. D.; Corminboeuf, C. (2015). Linear scaling relationships and volcano plots in homogeneous catalysis - revisiting the Suzuki reaction. *Chem. Sci.*, 6, 12, 6754–6761. doi:10.1039/c5sc02910d.

Camacho-Espinoza, M.; Reyes-Deloso, A.; Alfredo-Toscano, R.A.; Penieres-Carrillo, J. G., López-Cortés, J. G.;

Gazquez, J. L.; Cedillo, A.; Vela, A. (2007). Electrodonating and Electroaccepting Powers. *J. Phys. Chem. A*. 111, 1966-1970. <https://doi.org/10.1021/jp065459f>

Meyer, B.; Sawation, B.; Heinen, S.; von Lilienfeld, O. A.; Corminboeuf, C. (2018). Machine learning meets volcano plots: computational discovery of cross-coupling catalysts. *Chem. Sci.*, 9, 7069-7077. <https://doi.org/10.1039/C8SC01949E>

# ESTRUCTURAS MOLECULARES DE METALOCENOS DE LA 1ª SERIE DE TRANSICIÓN



*Ana Eugenia Hernández Hernández, Ricardo Valencia Enríquez, Didier Nivón Ramírez, Rodolfo Gómez Balderas\**

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[311095362@cuautitlan.unam.mx](mailto:311095362@cuautitlan.unam.mx) [rodolfo.gomez@unam.mx](mailto:rodolfo.gomez@unam.mx)



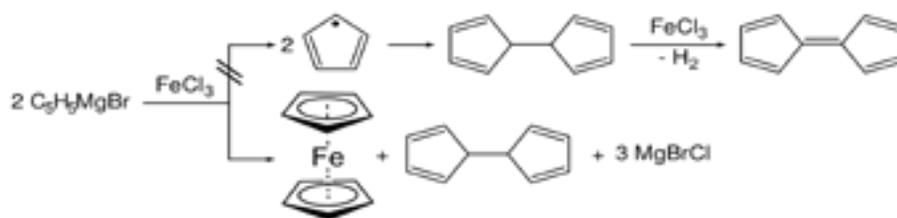
## Resumen

Se realizó un estudio teórico computacional de los metalocenos de V, Cr, Mn, Fe, Co y Ni, en fase gas para evaluar las propiedades energéticas, electrónicas y estructurales, a partir de una matriz  $Z$  restringida para las simetrías  $D_{5h}$  y  $D_{5d}$ , los cálculos fueron optimizados con el funcional de la densidad B3LYP (Becke, 1993) y el conjunto base 6-31+G (d, p), como método complementario al DZP utilizado en el estudio realizado por Xu *et al.* (2003). Las distancias de enlace determinadas están en acuerdo con las determinaciones experimentales.

**Palabras clave:** Metalocenos, Simetría Química, Serie 3d, DFT, B3LYP, Estabilidad Energética.

## Antecedentes

En química, y en particular en química organometálica, un metaloceno es un compuesto de fórmula general  $(C_5H_5)_2M$  que consiste en dos aniones ciclopentadienilo (Cp) unidos a un átomo metálico central con estado de oxidación II (con excepciones). Los metalocenos fueron descubiertos en la década de 1950, el ferroceno es el compuesto metaloceno más conocido y el primero en descubrirse. Fue descubierto simultáneamente en 1951 por Kealy y Pauson (1951), y Miller (1952). Kealy y Pauson estaban tratando de sintetizar fulvaleno a través de la oxidación de un reactivo de Grignard de ciclopentadienilo con  $FeCl_3$  anhidro, cuando descubrieron un compuesto  $C_{10}H_{10}Fe$  como producto, Figura 1.



**Figura 1.** Síntesis original del ferroceno por Kealy y Pauson (1951), y Miller (1952).

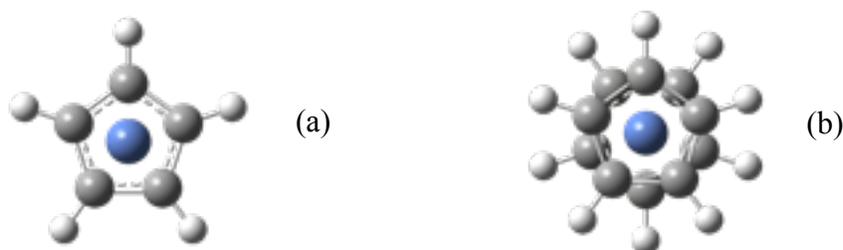
Existen diferentes tipos de compuestos metaloceno, basándose en su geometría, dependiendo del metal que soporta los dos anillos de ciclopentadienilo. A fines de la década de 1970, se reconoció que los metalocenos eran potentes precursores de catalizadores de polimerización de olefinas.

## Objetivo

Llevar a cabo un estudio mediante métodos de la química cuántica, de los metalocenos de V, Cr, Mn, Fe, Co y Ni para la evaluación de sus propiedades electrónicas y estructurales. Además, evaluar las diferencias de energía de cada metaloceno en sus respectivas simetrías.

## Métodos computacionales

Con el fin de calibrar el nivel de teoría para realizar los cálculos, utilizamos las estructuras del ferroceno en la multiplicidad singulete, en las simetrías  $D_{5h}$  y  $D_{5d}$ , Figura 2(a) y Figura 2(b), respectivamente. Con este fin utilizamos el funcional B3LYP con los conjuntos base 6-311+g(d,p), 6-311++g(d,p), 6-31+g(d,p), cc-pVDZ y DGDZVP. La finalidad fue encontrar la base que tuviera el mejor desempeño para predecir la diferencia de energía entre las estructuras  $D_{5h}$  y  $D_{5d}$ , comparando con el valor experimental. Posteriormente, se construyeron metallocenos de hierro, vanadio, cromo, manganeso, cobalto y níquel, a partir de la matriz-Z, para restringir la simetría a  $D_{5h}$  y  $D_{5d}$ . Una vez construida la matriz-Z, se fueron sustituyendo los átomos metálicos y ajustando las multiplicidades respectivas de cada metalloceno. Para el cromoceno y cobaltoceno, también se calcularon las simetrías  $C_{2v}$  y  $C_{2h}$ . Los cálculos computacionales para la optimización de geometría en fase gas, se realizaron utilizando el funcional de la densidad B3LYP (Becke, 1993) y el conjunto base 6-31+G (d, p), que fue el de mejor desempeño para el ferroceno. Las multiplicidades de vanadoceno, cromoceno, manganceno, cobaltoceno y níqueloceno, fueron multiplicidades singulete, cuartete, triplete, sextete, doblete y triplete, respectivamente.



**Figura 2.** Conformación (a) eclipsada  $D_{5h}$  y (b) alternada  $D_{5d}$

## Resultados y discusión

Primeramente, los resultados de la evaluación del nivel de teoría se muestran en la Tabla 1. Como se puede notar, los valores calculados para la diferencia de energía entre la estructura  $D_{5d}$  y la  $D_{5h}$  están entre 0.44 y 0.56 kcal/mol, favoreciendo la conformación

eclipsada, el valor experimental es  $0.9 \pm 0.3$  kcal/mol. A partir de estos resultados seleccionamos el conjunto base 6-31+G (d, p) porque nos da los resultados más cercanos a la medición experimental.

**Tabla 1.** Diferencia de energía entre de los conformeros de ferroceno.

Conjunto	$\Delta E(D_{5d}-D_{5h})$ kcal/mol
6-311+G(d p)	0.43
6-311++G(d,p)	0.44
6-31+G(d,p)	0.56
cc-pVDZ	0.35
DGDZVP	0.44
Exp <sup>a,b</sup>	$0.9 \pm 0.3$

Nota. <sup>a</sup> Haaland y Nilsson (1968). <sup>b</sup> Haaland (1979).

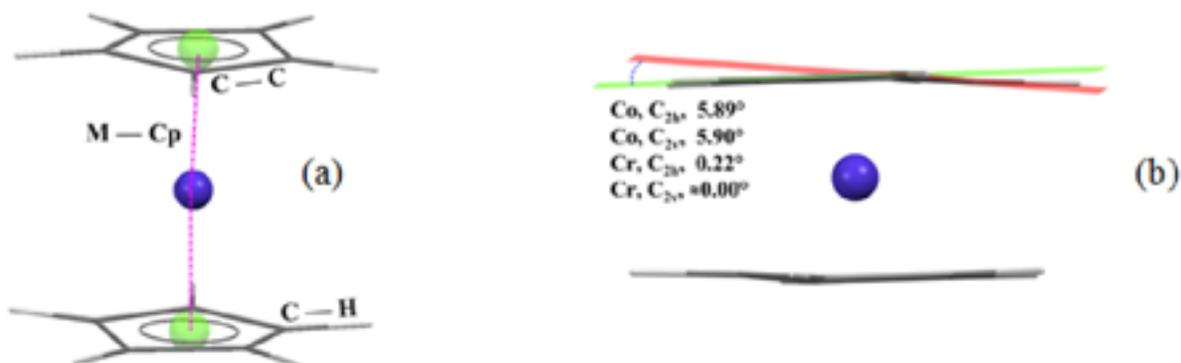
Los datos de configuración electrónica del metalloceno en cada simetría y su energía electrónica se analizaron con el propósito de verificar la estabilidad relativa de cada estructura. Algunas de las configuraciones electrónicas obtenidas coincidieron con las reportadas por Xu *et al.* (2003), en cuyo trabajo también utilizaron el funcional B3LYP, pero el conjunto base DZP. Las energías electrónicas obtenidas se compilaron en la Tabla 2. Se identificó la simetría del metalloceno de menor energía, y se calculó la estabilidad relativa de los restantes en las simetrías correspondientes.

**Tabla 2.** Valores  $\Delta E$  (kcal/mol) para las geometrías eclipsadas y alternadas en la simetría indicada

		V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni
$C_{2v}$	6-31+G(d p)	--	0.00	--	--	0.00	--
	DZP <sup>a</sup>	--	0.00	--	--	0.00	--
$C_{2h}$	6-31+G(d,p)	--	0.54	--	--	0.26	--
	DZP <sup>a</sup>	--	0.75	--	--	0.38	--
$D_{5d}$	6-31+G(d,p)	0.14	1.96	0.08	0.56	2.40	0.12
	DZP <sup>a</sup>	0.29	5.55	0.13	0.75	2.52	0.23
$D_{5h}$	6-31+G(d,p)	0.00	1.57	0.00	0.00	2.06	0.00
	DZP <sup>a</sup>	0.00	5.26	0.00	0.00	2.14	0.00

Nota. <sup>a</sup> Xu *et al.* (2003)

Todos resultados se compararon con los reportados en la literatura. La Tabla 3 recopila los parámetros geométricos de las estructuras calculadas definidos según la Fig. 3



**Figura 3.** Parámetros geométricos de los metalocenos, (a) distancias de enlace, (b) distorsión del plano del Cp.

#### Vanadoceno

Para este metaloceno se obtuvieron 2 conformaciones, la alternada ( $D_{5d}$ ) y la eclipsada ( $D_{5h}$ ) en estados electrónicos  ${}^4A_{1g}$  y  ${}^4A_1$ , respectivamente. Dichos estados electrónicos coinciden con los reportados en la literatura (Xu *et al.*, 2003). Así mismo, el vanadoceno  $D_{5h}$  es el más estable, y el  $D_{5d}$  corresponde a un punto estacionario de orden 1 (estado de transición que conecta dos estructuras eclipsadas) sobre la superficie de energía potencial. Comparado con los valores experimentales, las distancias de enlace M-Cp y M-C son ligeramente mayores, en contraste, las distancias promedio C-C y C-H se calculan un poco más cortas.

**Tabla 2.** Parámetros geométricos calculados. Distancias promedio en Å, ángulos en grados.

*En cursivas la estructura más estable.*

		M—Cp	M—C	C—C	C—H
V	$D_{5h}$	1.962	2.305	1.423	1.082
	$D_{5d}$	1.864	2.306	1.423	1.082
	Exp <sup>a</sup>	1.928	2.280	1.434	1.113
Cr	$D_{5h}$	1.828	2.195	1.427	1.081
	$D_{5d}$	1.832	2.197	1.427	1.081
	$C_{2v}$	1.825	2.241	1.426	1.081
	$C_{2h}$	1.827	2.185	1.426	1.081
	Exp <sup>b</sup>	1.798	2.169	1.431	1.108
Mn	$D_{5h}$	2.082	2.409	1.424	1.082
	$D_{5d}$	2.082	2.408	1.424	1.082
	Exp <sup>c</sup>	2.046	2.380	1.429	1.125
Fe	$D_{5h}$	1.675	2.070	1.429	1.082
	$D_{5d}$	1.681	2.070	1.429	1.082
	Exp <sup>c,d</sup>	1.660	2.064	1.440	1.104
Co	$D_{5h}$	1.767	2.143	1.427	1.081
	$D_{5d}$	1.771	2.146	1.427	1.081
	$C_{2v}$	1.763	2.134	1.426	1.081
	$C_{2h}$	1.766	2.148	1.426	1.081
	Exp <sup>b</sup>	1.739	2.119	1.429	1.111
Ni	$D_{5h}$	1.862	2.222	1.424	1.082
	$D_{5d}$	1.864	2.223	1.424	1.082
	Exp <sup>e</sup>	1.828	2.196	1.430	1.083

Nota. <sup>a</sup>Gard et al. (1975). <sup>b</sup>Amennengen et al. (1976). <sup>c</sup>Haaland (1979). <sup>d</sup>Haaland y Nilsson (1968).  
<sup>e</sup>Herdberg y Herdberg (1970).

### Cromoceno

Se obtuvieron resultados para 4 simetrías  $C_{2v}$ ,  $C_{2h}$ ,  $D_{5d}$  y  $D_{5h}$ , de las cuales la más estable es la  $C_{2v}$ . Los estados electrónicos  $^3B_1$  y  $^3B_g$  corresponden a las simetrías  $C_{2v}$  y  $C_{2h}$  respectivamente; para las simetrías  $D_{5h}$  y  $D_{5d}$ , el software falla al reportar el estado electrónico del punto estacionario. Sin embargo, los dos primeros estados electrónicos han sido reportados por Xu *et al.* Como se observa en la Tabla 1, la estabilidad relativa

de las estructuras de los cromocenos. empleando la base 6-31G+(d, p) es la misma que se obtiene con la base DZP. La diferencia de energía entre las simetrías  $D_{5d}$  y  $D_{5h}$  es de 0.39 kcal/mol, favoreciendo la estructura  $D_{5h}$ ; la estructura  $C_{2h}$  es 0.54 kcal/mol menos estable que la  $C_{2v}$ . Estas estructuras presentan una desviación fuera del plano del anillo ciclopentadienilo, en particular la de simetría  $C_{2h}$  tiene un ángulo de  $0.22^\circ$  respecto del plano. Las distancias del centro metálico Cr al anillo Cp, son ligeramente menores para las estructuras  $C_{2v}$  y  $C_{2h}$  que las encontradas para las estructuras  $D_{5h}$  y  $D_{5d}$ . La estructura  $C_{2v}$  presenta la mayor distancia de enlace M–C. Como en el vanadoceno, las distancias de enlace M–Cp y M–C son mayores que las experimentales, pero las distancias promedio C–C y C–H se calculan un poco más cortas.

### Manganoceno

Para este metaloceno solo se realizaron cálculos en dos simetrías,  $D_{5d}$  y  $D_{5h}$ . Los estados electrónicos de las estructuras en sus estados sextetes son  ${}^6A_{1g}$  y  ${}^6A_1$ , respectivamente. Nuevamente, nuestro cálculo coincide con el trabajo de Xu *et al*, tanto en las energías relativas como en los estados electrónicos. La diferencia de energía calculada entre las simetrías es de 0.08 kcal/mol, favoreciendo la estructura eclipsada, siendo la estructura más estable la  $D_{5h}$ . Comparativamente con el experimento, las distancias calculadas al metal son ligeramente mayores, pero las distancias C–C y C–H son menores.

### Ferroceno

Como indicamos, el cálculo del ferroceno en el estado singulete predice correctamente que el conformero eclipsado es más estable que el alternado. Por otro lado, las distancias de enlace promedio calculadas son muy cercanas a los datos experimentales.

### Cobaltoceno

Se encontró que la estructura más estable es la  $C_{2v}$ , en el estado electrónico  ${}^2A_2$ , Xu *et al*. reportan que éste estados es degenerado con el  ${}^2B_2$ , que no exploramos en este trabajo. Los conformeros  $D_{5d}$  y  $D_{5h}$  se encuentran  $>2.00$  kcal/mol por encima de la simetría  $C_{2v}$ . Como se observa en la Table 2, los parámetros geométricos de la conformación  $C_{2v}$  son más cercanos a las determinaciones experimentales que los otros tres conformeros. Las geometrías eclipsada y alternada  $D_{5h}$  y  $D_{5d}$ , son prácticamente isoenergéticas, favoreciéndose la  $D_{5h}$ . Pero, como su estado doblete es degenerado, se distorsiona reduciendo las distancias M–Cp y M–C por efecto Jahn-Teller para romper la degeneración convirtiéndose en el conformero  $C_{2v}$ . De forma similar, el conformero

$D_{5d}$  se distorsiona a  $C_{2h}$ , vía efecto de Jahn-Teller, en este caso también se reduce la distancia M–Cp. Como se observa en la Fig. 3, la distorsión del anillo de Cp fuera del plano horizontal es más notoria que para el cromoceno.

### Niqueloceno

Finalmente, para el niqueloceno al igual que Xu *et al.* encontramos que la estructura más estable es la  $D_{5h}$ . Los estados electrónicos  ${}^3A_{1g}$  y  ${}^3A_1'$  para las conformaciones alternada y eclipsada, respectivamente. El patrón de distancias teóricas M–Cp y M–C más largas y C–C y C–H más cortas que las experimentales se repite.

Vale la pena indicar, que las estructuras con simetría restringida no son mínimos sobre la superficie de energía potencial correspondiente. Pero todas las estructuras reportadas como mínimos corresponden a puntos estacionarios de orden cero.

### Conclusiones

Utilizando el ferroceno como sistema de prueba, se determinó que al utilizar el funcional B3LYP, el conjunto base que mejor reproduce la diferencia experimental entre los conformeros  $D_{5d}$  y  $D_{5h}$  es 6-31+G(d,p). Con el nivel de teoría B3LYP/6-31+G(-d,p) se determinaron las estabildades relativas de los metallocenos de V, Cr, Mn, Fe, Co y Ni. Se encontraron los estados electrónicos fundamentales de dichos metallocenos y se discutieron los parámetros teóricos calculados en comparación con las determinaciones experimentales.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a los proyectos UNAM-PAPIIT IN221621, IA208221, LAN-CAD-UNAM-DGTIC-058.

**Nota bene.** Este trabajo se desarrolló en el Laboratorio del Paquete terminal de Química Teórica de la FES Cuautitlán UNAM.



## Referencias

- Almenningen, A., Gard, E., Haaland, A. (1976). Dynamic Jahn–Teller effect and average structure of dicyclopentadienylcobalt,  $(C_5H_5)_2Co$ , studied by gas phase electron diffraction *Journal of Organometallic Chemistry*. 107(2), 273-279. [https://doi.org/10.1016/S0022-328X\(00\)91545-6](https://doi.org/10.1016/S0022-328X(00)91545-6)
- Becke A.D. (1993). Density functional thermochemistry. III. The role of exact exchange. *Journal of Physical Chemistry*. 98, 5648-5652. <https://doi.org/10.1063/1.464913>
- Gard, E., Haaland, A. Novak, D. P., Seip, R. J. (1975). The molecular structures of dicyclopentadienylvanadium,  $(C_5H_5)_2V$ , and dicyclopentadienylchromium,  $(C_5H_5)_2Cr$ , determined by gas phase electron diffraction. *Journal of Organometallic Chemistry*. 88(2), 181-189. [https://doi.org/10.1016/S0022-328X\(00\)91459-1](https://doi.org/10.1016/S0022-328X(00)91459-1)
- Haaland, A. (1979). The molecular structure of high-spin manganocene,  $(n-C_5H_5)_2Mn$ , by gas phase electron diffraction: a refinement. *Inorganic Nuclear Chemistry Letters*. 15(5-6), 267-269. [https://doi.org/10.1016/0020-1650\(79\)80143-9](https://doi.org/10.1016/0020-1650(79)80143-9)
- Haaland, A., Nilsson, J. E. (1968). The Determination of Barriers to Internal Rotation by Means of Electron Diffraction. Ferrocene and Ruthenocene. *Acta Chemica Scandinavica*. 22, 2653-2670. <https://doi.org/10.3891/acta.chem.scand.22-2653>
- Hedberg, L., Hedberg, K. (1970). Molecular Structure of Dicyclopentadienylnickel  $(C_5H_5)_2Ni$ . *Journal of Chemical Physics*. 53(3), 1228-1234. <https://doi.org/10.1063/1.1674122>
- Kealy, T. J., Pauson, P. L. (1951). A New Type of Organo-Iron Compound. *Nature*. 168, (4285) 1039. <https://doi.org/10.1038/1681039b0>
- Mayor-López, M.J., Weber, J. (1997). DFT calculations of the binding energy of metallocenes. *Chemical Physics Letters*. 281, 226-232. [https://doi.org/10.1016/S0009-2614\(97\)01214-1](https://doi.org/10.1016/S0009-2614(97)01214-1)
- Miller, S. A., Tebboth, J. A., Tremaine, J. F. (1952). Dicyclopentadienyliron. *Journal of Chemical Society*. 632-635. <https://doi.org/10.1039/JR9520000632>
- Xu, Z.F., Xie, Y., Feng, W.L. y Schaefer III, H. F. (2003). Systematic Investigation of Electronic and Molecular Structures for the First Transition Metal Series Metallocenes M  $(C_5H_5)_2$  (M = V, Cr, Mn, Fe, Co, and Ni). *Journal of Physical Chemistry*. 107(15), 2716-2729. <https://doi.org/10.1021/jp0219855>

# PROPUESTA DE TRATAMIENTO ALTERNATIVO PARA LA REDUCCIÓN DE ACEITE VEGETAL PRESENTE EN AGUAS RESIDUALES URBANAS



*Víctor David Rosas Bravo\**, Mario Vega Camarillo, Alejandro San Juan Martínez,  
Jared López Gallardo, Juan Manuel Padilla Flores

Área de Tecnología, Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, [20193j101022@utcv.edu.mx](mailto:20193j101022@utcv.edu.mx)



## Resumen

Uno de los contaminantes que más problemas causan en el tratamiento de aguas residuales, son las grasas y aceites, la presencia de grasas y aceites en los efluentes no sólo provocan problemas en el tratamiento de éstas, sino que también dan lugar a la contaminación del suelo y los cuerpos de agua donde éstas son descargadas. Esta investigación propone una solución a la problemática del poder contaminante y el impacto del aceite vegetal de uso comestible en las aguas urbanas.

Se presentan los métodos de saponificación, mostrando dos diferentes métodos a utilizar, basado en su estructura química y su composición, explicando en que consiste la reacción química entre la sosa cáustica y el aceite de uso comestible para fabricar jabón.

Se observa una reacción de la sosa cáustica en contacto con las diferentes cantidades de aceite comestible, seguido de la comparación del flujo del aceite en el desagüe.

**Palabras clave:** Saponificación, Sosa Cáustica, Aguas residuales, Aceite Vegetal, Tratamiento.

## Antecedentes

Las aguas negras o aguas residuales son aquellas cuya calidad ha sido afectada negativamente por la actividad humana. Proceden de viviendas, poblaciones y áreas industriales arrastrando contaminantes. El agua se contamina por residuos, fertilizantes y diferentes químicos que, vertidos en las aguas dulces, terminan por contaminar también las saladas. Según estudios, en el 2015 los gastos generados por la contaminación del agua fueron de 57,403 millones de pesos (0.3 % del PIB nacional). Además, se calcula que los daños en territorio nacional por agotamiento y degradación medioambiental ascendieron a poco más de 900 mil millones de pesos, o 5 % del PIB nacional. Algunas consecuencias dañinas al medio ambiente que resultan de la falta de tratamiento de aguas, son:

- Toxicidad: afecta directamente a la flora y fauna de los cuerpos que reciben el agua contaminada y a quien la beba.
- Infecciones: diferentes organismos patógenos son transmitidos a través del agua, que afectan a los organismos terrestres y marinos con los que entran en contacto.
- Contaminación térmica de las reservas que contienen el agua: los líquidos industriales pueden elevar la temperatura de las zonas donde se desechan.
- Malos olores: las bacterias y sustancias contenidas en aguas residuales generan gases, resultado de la descomposición.

El agua líquida se encuentra naturalmente en ríos, lagos, lagunas, aguas subterráneas (dulce) y mares (salada). Para satisfacer las necesidades asociadas con las actividades humanas, se ha desarrollada infraestructura que permite su canalización, distribución y tratamiento, lo que se conoce como el ciclo urbano del agua, que implica una alteración del ciclo natural habitual.

En la historia las aguas residuales no han sido un factor intrínseco de la producción y se suponía que el medio ambiente las absorbía y les daba un tratamiento natural. El progreso cultural e industrial acabó llevando aquella práctica a situaciones límites y en la actualidad en las economías industriales el tratamiento de las aguas residuales se convierte en un costo más de producción.

En 2011 la Universidad de Arkansas elaboró una investigación acerca “Tratamiento de aguas residuales; objetivos y selección de tecnologías en función al tipo de reuso”

su objetivo era proponer y desarrollar el mejor sistema de tratamiento para aguas residuales industriales y reusar el agua tratada (León, 2011).

En 2005 la Universidad Sergio Arboleda de Colombia realizó una investigación titulada: “Calidad del agua en espacios naturales: Impacto y Modelación”. La elaboración de este proyecto condujo a la conclusión de que el agua de los espacios naturales se ve alterada y los impactos sobre ella deben ser evaluados, la forma más adecuada son los modelos de calidad de aguas los cuales permiten simular condiciones actuales y futuras de tal manera, que permiten anticipar las variaciones que sufrirán los diversos índices o parámetros en el cuerpo acuático en estudio (Baecheler, 2005).

En 2013 se publicó una investigación titulada “Mejoras en el sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes de empresa de productos de limpieza”, su objetivo era estudiar y analizar el sistema de tratamiento utilizado y su eficiencia en la remoción de contaminantes en el agua concluyendo que es necesario optimizar el funcionamiento de la planta para elevar la calidad del agua, con la finalidad de cumplir con las normativas ambientales vigentes (Lain y Vargas, 2013).

En 2011 *Vanesa Barrea* (UNAM), realizó la tesis sobre la “Variabilidad de la calidad del agua y su impacto en los proyectos de optimización del funcionamiento de plantas de tratamientos de aguas residuales” su objetivo fue determinar la variabilidad de la calidad del agua proveniente de un proceso industrial y la relación con los parámetros de funcionamiento de plantas de tratamientos de aguas residuales. Luego de realizar las investigaciones concluyó que las industrias presentaban debilidades en cuanto a la eficiencia de remoción y control de sólidos (Barrera, 2012).

## Objetivo

Innovar un procedimiento alternativo, estudiando la reacción química de los aceites comestibles quemados de uso doméstico, para estudiar la reacción química de los aceites quemados en contacto con sosa cáustica mediante el mecanismo de saponificación para sus diferentes aplicaciones.

## Parte experimental

La investigación se realizó en el Laboratorio de análisis de procesos químicos, perteneciente a la Universidad Tecnología del Centro de Veracruz, en México. Se utilizó

hidróxido de sodio (NaOH), para saponificar residuos de aceite de girasol, de uso doméstico, para el desarrollo de la parte experimental fueron necesarios los materiales que se muestran a continuación:

- Sosa caustica (NaOH)
- Aceite residual
- Agua potable
- Recipiente de vidrio

#### *Cálculos para la saponificación de aceite quemado*

Prosiguiendo con la parte experimental se realizaron los cálculos correspondientes para la cantidad de sosa a utilizar con los tipos de aceite más utilizados.

Calcular la cantidad de sosa y aceite

Calcular la sosa cáustica (NaOH – hidróxido de sodio) es muy sencillo. Hay que multiplicar la cantidad de aceite que vas a usar por el índice de saponificación:

Si vamos a utilizar la cantidad de 2260 ml. de aceite de girasol, utilizamos:

$$1. 2260 \times 0.137 = 309.62 \text{ gramos de sosa cáustica (NaOH)}$$

Si vamos a mezclar aceites, la operación será igual, pero multiplicando cada uno por su índice de saponificación. Por ejemplo, 10 ml, de aceite de soja y 10 ml, de aceite de girasol y 10 ml, de aceite de coco, el cálculo sería:

$$2. 10 \times 0,136 + 10 \times 0.137 + 10 \times 0.184 = 4.57 \text{ gramos de sosa cáustica.}$$

Si vamos a utilizar 180 ml. de aceite de soja, utilizamos:

$$3. 180 \times 0.136 = 24.48 \text{ gramos de sosa cáustica}$$

#### *Cálculo de la cantidad de agua*

El cálculo de la cantidad de agua a utilizar es muy simple, ya que es entre un 30 o un 40% de la cantidad de aceite utilizado.

En el caso, donde hemos utilizado 2260 ml. de aceite de girasol, la cantidad de agua sería:

- Cantidad de agua (para el 30% de las grasas) = 2260 ml, x 0,3 = 678 ml, de agua
- Cantidad de agua (para el 40% de las grasas) = 2260 ml, x 0,4 = 904 ml, de agua

En el caso, donde hemos utilizado 10 ml de aceite de soja, girasol, coco, la cantidad de agua sería:

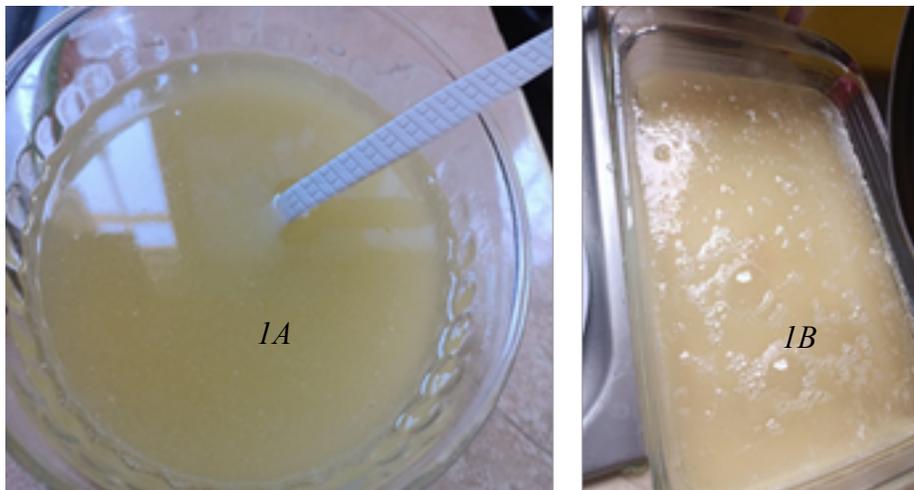
- Cantidad de agua (para el 30% de las grasas) = 30 ml x 0,3 = 9 ml, de agua
- Cantidad de agua (para el 40% de las grasas) = 30 ml, x 0,4 = 12 ml, de agua

En el caso, donde hemos utilizado 180 ml. de aceite de soya la cantidad de agua sería:

- Cantidad de agua (para el 30% de las grasas) = 180 ml, x 0,3 = 54 ml, de agua
- Cantidad de agua (para el 40% de las grasas) = 180 ml, x 0,4 = 72 ml, de agua

## Resultados y discusión

Una vez concluidos los pasos experimentales podemos observar en las Figuras 1A y 1B el rompimiento de cadenas grasas del aceite al entrar en contacto con la cantidad de sosa indicada en los cálculos así mismo con los ml de agua correspondientes a las diferentes cantidades de sosa.



**Figura 1** Rompimiento de cadenas grasas 1A en 180 ml, de aceite y 1B en 2260 ml, de aceite.

Una vez realizados los experimentos se procedió a verter las mezclas al drenaje para analizar las diferencias existentes entre la mezcla experimental y una mezcla convencional del mismo aceite comestible, como se muestra en las Figuras 2A y 2B para evaluar el diferente comportamiento y las diferencias visibles que existen entre ambas mezclas. La figura 2A que el desechar aceite por la coladera del desagüe este fluye de manera más lenta que el agua, ocasionado por tener una mayor viscosidad que el agua. La presencia de aceite en el agua dificulta el paso por el drenaje de esta mezcla, generando posibles problemas futuros en el desagüe, mientras que en la Figura 2B se observó mayor fluidez del agua contaminada con aceite tratada con sosa cáustica esto es debido a la reacción de saponificación que da origen a moléculas con un extremo hidrófoba y otro extremo hidrófilo, la cual se ancla con las moléculas del agua facilitando la fluidez de la mezcla. Una vez concluidos los experimentos se observa en la Tabla 1 los resultados de los 30 hogares con los cálculos correspondientes a las diferentes cantidades de aceite utilizadas.



*Figura 2. Aceite sin sosa cáustica en 2A y aceite con sosa cáustica en 2B*

Tabla 1. Sosa y agua necesarias para cada cantidad de aceite

Tipo aceite	(ml) desechados	(g) sosa	(ml) agua
Soya	20 ml	2.72 g	6 ml
Girasol	200 ml	74 g	60 ml
Soya	10 ml	1.36 g	3 ml
Girasol	70 ml	9.59 g	21 ml
Soya	0 ml	0 g	0 ml
soya	20 ml	2.72 g	6 ml
soya, girasol y canola	10 ml	4.57 g	9 ml
girasol	10 ml	1.37 g	3 ml
girasol	10 ml	1.37 g	3 ml
girasol	10 ml	1.37 g	3 ml
soya	5 ml	0.68 g	1.5 ml
girasol	5 ml	0.685 g	1.5 ml
girasol	5 ml	0.685 g	1.5 ml
girasol	1000 ml	137 g	300 ml
girasol	5 ml	0.685 g	1.5 ml
soya	5 ml	0.68 g	1.5 ml
girasol	5 ml	0.685 g	1.5 ml
girasol	10 ml	1.37 g	3 ml
girasol	35 ml	4.795 g	10.5 ml
soya	10 ml	1.36 g	3 ml
girasol	500 ml	68.5 g	150 ml
soya	100 ml	13.6 g	30 ml
girasol	10 ml	1.37 g	3 ml
girasol	5 ml	0.685 g	1.5 ml
girasol	35 ml	4.795 g	10.5 ml
girasol	100 ml	13.7 g	30 ml
girasol	35 ml	4.795 g	10.5 ml
girasol	100 ml	13.7 g	30 ml
girasol	100 ml	13.7 g	30 ml

La presente investigación tuvo como objetivo ofrecer la innovación de un procedimiento alternativo mediante aceites quemados en contacto con sosa cáustica. Esto significa

que se realizó una innovación para el tratamiento de aceites comestibles utilizados en los hogares mediante cálculos realizados para dar a conocer las cantidades de sosa y agua necesarias para que lleve a cabo el proceso de saponificación. Para demostrar esto primero se realizaron las correctas investigaciones de la reacción química que sucede al poner en contacto sosa cáustica con aceite comestible quemado, seguido del cálculo de las cantidades necesarias para dicho proceso, posteriormente se realizaron los experimentos pertinentes para las cantidades obtenidas en los cálculos.

En la Tabla 2 se observan los cálculos para la cantidad de jabón que se podría obtener con los ml de aceite desechados:

**Tabla 2.** Gramos que se podrían obtener de jabón

Tipo de Aceite	(ml) desechados	(g) jabón	(g) jabón al mes	Barras de jabón comercial al mes
Girasol	2260 ml	339 g	10,170 g	25.42
Soya	180 ml	27 g	810 g	2
Soya, girasol, canola	10 ml	1.5 g	45 g	0.1125

Como se puede observar en la Tabla 2 por cada litro de aceite que se vierte al drenaje o que se desecha de cualquier forma se pueden obtener 150 gramos de jabón sólido al día, realizando los cálculos se obtiene un total de 10,170 gramos de jabón al mes, siendo esto equivalente a 25 barras de jabón comercial, siendo esta una gran oportunidad que las personas pueden utilizar para su hogar, de tal manera que los establecimientos de comida rápida, antojitos y frituras que desechan grandes cantidades de aceite desperdician grandes cantidades de jabón, pudiendo ser esta una forma de cuidar el medio ambiente.

## Conclusiones

Podemos concluir que la cantidad de aceite que se desperdicia en la zona mapeada de 30 muestras a un radio de alrededor de 1 kilómetro mensual es de 73.5 litros de aceite de cocina, siendo esto lo que contamina alrededor de 2,940,000 litros de agua en la comunidad.

La saponificación es una opción para disminuir las grandes cantidades de aceite que se

vierten en el drenaje, siendo esta una alternativa para rescatar miles de litros de agua de la contaminación por el aceite de cocina utilizado, al mismo tiempo darle un valor agregado a dicho contaminante ya que en la zona se vierten 73.5 litros de aceite que puede ser utilizado para generar 28 barras de jabón comercial al mes, siendo esta una forma ayudar al medio ambiente y a la economía al mismo tiempo produciendo un impacto positivo en la sociedad.

### **Agradecimientos**

Se agradece a la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz por brindar todos los recursos y herramientas que fueron necesarios para llevar a cabo el proceso de investigación. Se agradece a cada uno de los colaboradores de este proyecto por su entrega y dedicación para su elaboración y estructuración.



## Referencias

Arocutipa Lorenzo, J. H. (2013). Evaluación y propuesta técnica de una planta de tratamiento de aguas residuales en massiapo del distrito de alto inambari - sandia.

[http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4516/Arocutipa\\_Lorenzo\\_Juan\\_Hipolito.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4516/Arocutipa_Lorenzo_Juan_Hipolito.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ballesteros-Vásquez M. N., Valenzuela-Calvillo L. S., Artalejo-Ochoa E., Robles-Sardin A. E. Ácidos grasos trans: un análisis del efecto de su consumo en la salud humana, regulación del contenido en alimentos y alternativas para disminuirlos. Nutr. Hosp. [revista en Internet]. 2012 [Fecha acceso 20 junio 2021] 27(1): 54-64. Madrid Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112012000100007&lng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112012000100007&lng=es).

Barbosa, Rafael. 2020. Residuos sólidos. Grupo EMAR Blanco, Analía. (2013). Fábrica de Jabón, innovación y medio ambiente. Disponible en: [https://www.compromisoempresarial.com/innovacion\\_social/emprendedores\\_sociales/2013/02/fabrica-de-jabon-innovacion-y-medio-ambiente/](https://www.compromisoempresarial.com/innovacion_social/emprendedores_sociales/2013/02/fabrica-de-jabon-innovacion-y-medio-ambiente/)

Bombón, N., Albuja, M. (2014). Diseño de una planta de saponificación para el aprovechamiento del aceite vegetal de desecho. Quito, EC. Revista Politécnica. Vol. 34. P 1-10  
Bravo y García. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. Universidad Nacional Autónoma de México

Bravo Herrera, C. A., Osorno Sánchez, C. J., & Salgado Bervis, E. (2016, octubre). Propuesta de un tratamiento para aceites y grasas de las aguas residuales de la microempresa “productos verdes”.

<https://repositorio.unan.edu.ni/3504/1/61591.pdf>

Conde, L. (2020, 1 septiembre). *Aceite de oliva, coco, sésamo. . . La guía definitiva para saber cuál es el mejor en cada ocasión*. La Vanguardia. <https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20200901/33035/aceite-oliva-girasol-coco-sesamo-que-cuales-son-mas-recomendables.html>

Díaz Cuenca, E., Alavarado Granados, A. R., & Camacho Calzada, K. E. (2012). El tratamiento de agua residual doméstica para el desarrollo local sostenible: el caso de la técnica del sistema unitario de tratamiento de aguas, nutrientes y energía (SUTRANE) en San Miguel Almaya, México.

<https://www.redalyc.org/pdf/401/40123894005.pdf>

Elders B, Hawkins S y otros: Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 24; Quinta edición completamente revisada; editorial VCH; New York, USA; 1989

González Canal, F. Ripollés Pascual, E. Santateresa Forcada, J. Navarro i Navarro, R. Marín Galvín, y R. Mantecón Pascual. (2010) Falsos mitos en la contaminación de origen doméstico emitida a los sistemas integrados de saneamiento público. Actas

de las XXX Jornadas Técnicas AEAS.

Horrach, J. M. (2018, 21 septiembre). *Residuos de aceite para cocinar y su impacto ambiental*. iResiduo. <https://iresiduo.com/blogs/juan-mateo-horrach/residuos-aceite-cocinar-y-impacto-ambiental>

Lozada Grajales, R. M. (2017). Propuesta de tratamientos de aguas residuales de tipo doméstico por métodos naturales para la Congregación de Zoncuantla, Coatepec, Veracruz, México. <https://www.uv.mx/oabcc/files/2019/02/tesis-Rosa-Maria.pdf>.

Mencías E: Intoxicaciones por productos industriales II. *Jano, Medicina y Humanidades* 1998; 54 (1255): 76

Nieto, M. (2020, 14 febrero). *Usos de la Sosa Cáustica*. Nazza. <https://www.nazza.es/blog/23-usos-sosa-caustica.html>

# FORMULACIÓN DE LIPOSOMAS CARGADOS CON ROSA DE BENGALA PARA SU USO EN LA TERAPIA FOTODINÁMICA PARA EL TRATAMIENTO DE QUERATITIS



*Norma Angélica Villanueva Martínez<sup>1</sup>, Omar Molina Alejandre<sup>1</sup>, María Guadalupe Nava Arzaluz<sup>1</sup>, Elizabeth Piñón Segundo<sup>2</sup>, Flora Adriana Ganem Rondero<sup>1\*</sup>*

<sup>1</sup>Laboratorio de Investigación y Posgrado en Tecnología Farmacéutica (L-322) y

<sup>2</sup>Laboratorio de Sistemas de Liberación Modificada, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México

[angelynca1024@gmail.com](mailto:angelynca1024@gmail.com); [omar.alej@hotmail.com](mailto:omar.alej@hotmail.com); [gpearz@hotmail.com](mailto:gpearz@hotmail.com); [elizabeth.pinonsegundo@gmail.com](mailto:elizabeth.pinonsegundo@gmail.com); [ganemq@hotmail.com](mailto:ganemq@hotmail.com)\*



## Resumen

La terapia fotodinámica, utilizando fotosensibilizadores y luz, ha recibido un considerable interés debido a su gran potencial para el tratamiento de infecciones bacterianas. Una de las principales ventajas presentadas por la terapia fotodinámica es el manejo de infecciones locales de patógenos resistentes a fármacos. Para incrementar la eficacia de los fotosensibilizadores se han desarrollado varios sistemas de liberación. Dentro de estos sistemas, se encuentran los liposomas que han demostrado ser seguros y eficaces para la liberación de fotosensibilizadores. Este trabajo se centra en la optimización de una formulación de liposomas cargados con rosa de bengala para su uso en el tratamiento de queratitis causada por bacterias resistentes a fármacos.

**Palabras clave:** liposomas, rosa de bengala, gel oftálmico, terapia fotodinámica, polóxamero

## Antecedentes

La terapia fotodinámica (TFD) es una opción terapéutica que se ha utilizado para el tratamiento de cáncer, enfermedades cutáneas y oftálmicas (Braathen et al., 2007; Dos Santos, De Almeida, Terra, Baptista, y Labriola, 2019; Han et al., 2020; Van Der Snoek, Robinson, Van Hellemond, y Neumann, 2008). Se basa en el uso fotosensibilizadores; moléculas que en su estructura poseen electrones que, al ser sometidos a luz de una longitud de onda específica, pasan a un estado singulete excitado experimentando después un cruce entre sistemas llegando a un estado triplete de menor energía, pero más duradero. Posteriormente el estado triplete experimenta una reacción fotoquímica tipo I produciendo radicales superóxidos ( $O_2^{\cdot-}$ ) o tipo II, produciendo oxígenos singulete ( $^1O_2$ ) (Kharkwal, Sharma, Huang, Dai, y Hamblin, 2011). En cualquiera de los casos, las especies reactivas de oxígeno generadas (ROS) pueden utilizarse para provocar la apoptosis o necrosis de determinadas células; por ejemplo, células de tumores, bacterias, hongos y parásitos, por lo que representa un enfoque interesante para el tratamiento de infecciones (Van Der Snoek et al., 2008).

El colorante aniónico rosa de bengala es un fotosensibilizador derivado de la fluoresceína. Es un compuesto biocompatible y ampliamente disponible. Adicionalmente, ha demostrado inhibir cepas resistentes Gram positivas (*Staphylococcus aureus*) y Gram negativas (*Pseudomonas aeruginosa*) (Demartis, Obinu, Gavini, Giunchedi, y Rassu, 2021).

Los fotosensibilizadores pueden presentar tendencia a autoagregarse en formas no fotoactivas, lo que impide la producción de ROS. Una estrategia para superar estos inconvenientes es el uso de nanoacarreadores, tal como los liposomas, los cuales además de ser sistemas biocompatibles capaces de encapsular tanto moléculas lipofílicas como hidrofílicas, pueden mejorar la eficacia de los fotosensibilizadores desestabilizando la pared celular de las bacterias al entrar en contacto con ellas (Klausen, Ucuncu, y Bradley, 2020). Uno de los principales retos en el tratamiento efectivo de las enfermedades oculares es el conseguir que la sustancia activa permanezca en la superficie del ojo el tiempo suficiente para ejercer su acción. El constante flujo lagrimal constituye una barrera que

limita el tiempo de permanencia de los fármacos aplicados tópicamente en la córnea, una gran proporción del fármaco abandona rápidamente el ojo por efecto del flujo lagrimal y es arrastrado a la mucosa nasal por el conducto nasolagrimal. La estrategia más utilizada para incrementar el tiempo de permanencia de los medicamentos oftálmicos es la incorporación de polímeros que aumenten la viscosidad y mucoadhesión de la preparación (Račić, Čalija, Milić, Milašinović, y Krajišnik, 2019).

El propósito de este proyecto es la encapsulación de rosa de bengala en sistemas liposomales dispersos en un gel, con el fin de mejorar la terapia fotodinámica para el tratamiento de queratitis causada por bacterias resistentes a antibióticos.

## Objetivo(s)

### *Objetivo general:*

- Desarrollar liposomas cargados con rosa de bengala capaces de mejorar el tratamiento fotodinámico de queratitis originada por bacterias resistentes a fármacos

### *Objetivos particulares:*

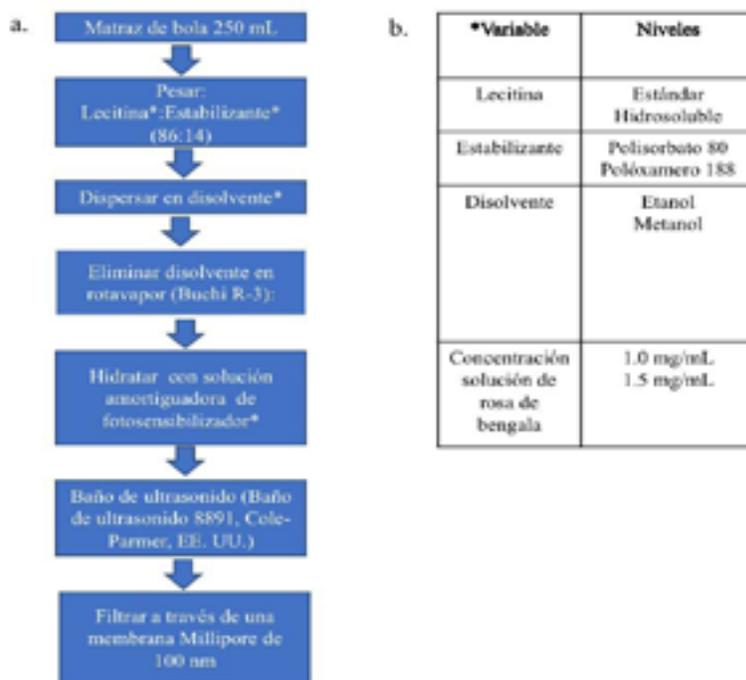
- Realizar un diseño de experimentos para definir las condiciones óptimas para la obtención de liposomas con las mejores características nanotecnológicas.
- Incorporar los nanoacarreadores seleccionados a un gel de aplicación oftálmica.

## Parte experimental

### *Preparación y caracterización de liposomas*

Los liposomas se prepararon mediante el método de hidratación de película propuesto por Cerv y Blume (Cerv & Blume, 1992), con ligeras modificaciones. El cual se muestra en la figura 1a.

Con el fin de optimizar la preparación de los liposomas se realizó un diseño de experimentos  $2^4$  (Figura 1b). Las respuestas a considerar fueron el tamaño de las vesículas, el índice de polidispersión (IPD) y el potencial zeta de los liposomas, dichas respuestas fueron obtenidas con ayuda de un Zetasizer-ZS90 (Malvern Instruments, Reino Unido).



**Figura 1a.** Procedimiento utilizado para la formación de vesículas liposomales; **1b.** Variables y niveles estudiados en el diseño de experimentos.

### ***Eficiencia de encapsulamiento (% EE)***

Para determinar la eficiencia de encapsulamiento se eligieron los sistemas con las mejores características de tamaño e IPD, tales sistemas fueron preparados por triplicado y el fármaco libre se separó de las vesículas utilizando filtros para centrífuga Amicon Ultra-4 (Merck, Millipore). Se aplicaron 3 mL de la suspensión de vesículas en el dispositivo de filtración y se centrifugó a 5,000 rcf durante 20 minutos (centrífuga Z326, Hermle, Alemania), el fármaco libre se recuperó en el tubo de centrífuga y se cuantificó mediante un método espectrofotométrico UV-Vis previamente validado.

### ***Incorporación de los sistemas en un gel***

Con el objetivo de incrementar el tiempo de permanencia de la formulación en el sitio de aplicación, las vesículas fueron incorporadas en geles y su comportamiento reológico fue comparado con el de geles preparados sin la adición de liposomas.

La preparación se realizó por el método en frío (Escobar-Chávez et al., 2006), se utilizó una mezcla de polímeros (23% de poloxámero 407 y 10% de poloxámero 188) (M.A. Fathalla et al., 2017), los cuales se hidrataron en agua o en la dispersión de vesículas a 4°C durante una noche. Posteriormente, se homogenizaron y se evaluó la viscosidad en un viscosímetro digital de plato (CAP200, Brookfield, EE. UU.) colocando 200  $\mu\text{L}$  de muestra y utilizando la aguja #1, en un intervalo de temperatura de 5 a 40 °C, aumentando 2 °C/min de los 5 a los 30 °C y 1 °C/min de los 30 a los 40 °C, a una velocidad de 50 rpm. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

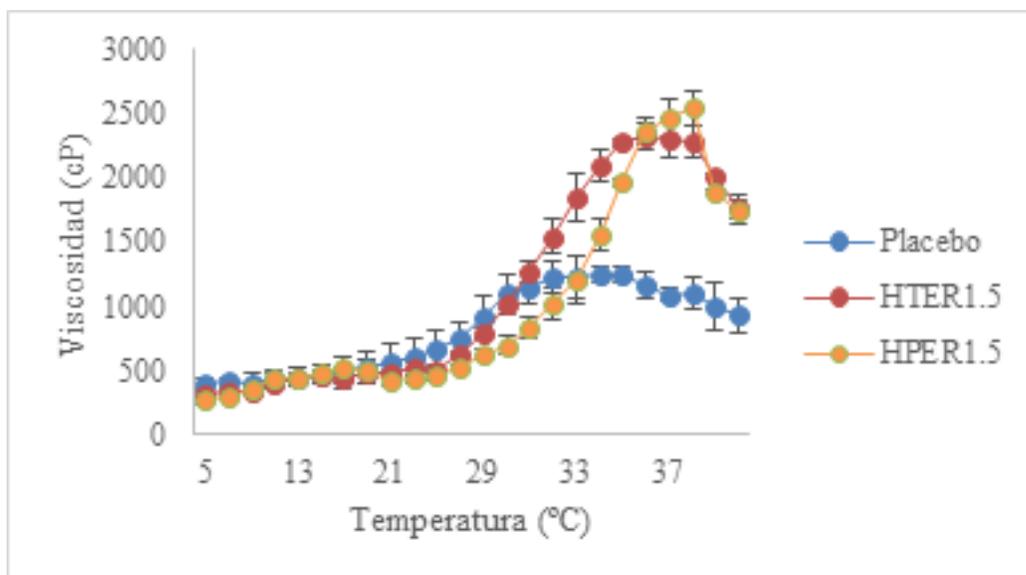
## Resultados y discusión

Los sistemas que presentaron las mejores características tecnológicas se muestran en la tabla 1. Estos sistemas se seleccionaron con base en los resultados obtenidos de tamaño e IPD. Los valores de potencial zeta obtenidos son relativamente bajos debido al uso de tensoactivos no iónicos cuya estabilización está basada en la creación de una barrera estérica (Karn-orachai et al., 2016).

*Tabla 1. Sistemas seleccionados a partir del diseño de experimentos*

Sistema	Componentes	Disolvente	[Rosa de bengala]	Tamaño (nm)	IPD	Potencial zeta (mV)	%EE
HTER 1.5	Lecitina hidrosoluble, Polisorbato 80	Etanol	1.5 mg/mL	184.6 $\pm$ 1.7	0.488 $\pm$ 0.026	-13.7 $\pm$ 0.2	99.50 $\pm$ 0.04
HPER 1.5	Lecitina hidrosoluble, Poloxámero 188			54.14 $\pm$ 2.57	0.206 $\pm$ 0.017	-20.0 $\pm$ 0.8	94.62 $\pm$ 1.21

En cuanto a los estudios reológicos, los geles formados incorporando los liposomas presentaron un aumento en la temperatura de transición (de 32 °C a 36 °C) al ser comparados con los geles sin vesículas (Figura 2); esto puede ser consecuencia de la interacción de los liposomas con la estructura micelar del gel. Por otra parte la viscosidad de los sistemas cargados con vesículas aumentó probablemente por la presencia de partículas coloidales que generan interacciones con el polímero formador del gel incrementando la resistencia al flujo (Antunes, Gentile, Oliviero Rossi, Tavano, y Ranieri, 2011).



**Figura 2.** Curvas de viscosidad de los sistemas seleccionados incorporados en un gel

## Conclusiones

El uso de un diseño de experimentos para la optimización de la preparación de liposomas cargados con rosa de bengala permitió obtener sistemas con tamaños adecuados (menores a 200 nm) y altas eficiencias de encapsulamiento (más del 90%). Al incorporar los sistemas en un gel conformado por una mezcla de poloxámeros, se logró un incremento en la viscosidad a temperaturas mayores a 34°C, lo cual favorecería la permanencia de la formulación en la córnea.

## Agradecimientos

Al programa “CÁTEDRAS COMECYT EDOMÉX”, Folio: CAT2021-0155 y a los proyectos PAPIIT IN226119 y PIAPI 2021 por los recursos otorgados para la realización de este proyecto



## Referencias

- Antunes, F. E., Gentile, L., Oliviero Rossi, C., Tavano, L., & Ranieri, G. A. (2011). Gels of Pluronic F127 and nonionic surfactants from rheological characterization to controlled drug permeation. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 87(1), 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2011.04.033>
- Braathen, L. R., Szeimies, R. M., Basset-Seguin, N., Bissonnette, R., Foley, P., Pariser, D., ... Morton, C. A. (2007). Guidelines on the use of photodynamic therapy for nonmelanoma skin cancer: An international consensus. *Journal of the American Academy of Dermatology*, 56(1), 125–143. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2006.06.006>
- Cerv, G., & Blume, G. (1992). Lipid vesicles penetrate into intact skin owing to the transdermal osmotic gradients and hydration force. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1104, 226–232.
- Demartis, S., Obinu, A., Gavini, E., Giunchedi, P., & Rassu, G. (2021). Nanotechnology-based rose Bengal: A broad-spectrum biomedical tool. *Dyes and Pigments*, 188(December 2020), 109236. <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2021.109236>
- Dos Santos, A. F., De Almeida, D. R. Q., Terra, L. F., Baptista, M. S., & Labriola, L. (2019). Photodynamic therapy in cancer treatment - an update review. *Journal of Cancer Metastasis and Treatment*, 2019. <https://doi.org/10.20517/2394-4722.2018.83>
- Escobar-Chávez, J. J., López-Cervantes, M., Naik, A., Kalia, Y. N., Quintanar-Guerrero, D., & Ganem-Quintanar, A. (2006). Applications of thermo-reversible pluronic F-127 gels in pharmaceutical formulations. *Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 9, 339–358.
- Han, H., Gao, Y., Chai, M., Zhang, X., Liu, S., Huang, Y., ... Yao, K. (2020). Biofilm microenvironment activated supramolecular nanoparticles for enhanced photodynamic therapy of bacterial keratitis. *Journal of Controlled Release*, 327(September), 676–687. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2020.09.014>
- Karn-orachai, K., Smith, S. M., Saesoo, S., Treethong, A., Puttipipatkachorn, S., Pratontep, S., & Ruktanonchai, U. R. (2016). Surfactant effect on the physicochemical characteristics of  $\gamma$ -oryanol-containing solid lipid nanoparticles. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 488, 118–128. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2015.10.011>
- Kharkwal, G. B., Sharma, S. K., Huang, Y. Y., Dai, T., & Hamblin, M. R. (2011). Photodynamic therapy for infections: Clinical applications. *Lasers in Surgery and Medicine*, 43(7), 755–767. <https://doi.org/10.1002/lsm.21080>
- Klausen, M., Ucuncu, M., & Bradley, M. (2020). Design of Photosensitizing Agents for Targeted Antimicrobial Photodynamic Therapy. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 25(22). <https://doi.org/10.3390/molecules25225239>
- M.A. Fathalla, Z., Vangala, A., Longman, M., Khaled, K. A., Hussein, A. K., El-Garhy, O. H., & Alany, R. G. (2017). Poloxamer-based thermoresponsive ketorolac tromethamine in situ

gel preparations: Design, characterisation, toxicity and transcorneal permeation studies. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 114, 119–134. <https://doi.org/10.1016/j.ejpb.2017.01.008>

Račić, A., Čalića, B., Milić, J., Milašinović, N., & Krajišnik, D. (2019). Development of polysaccharide-based mucoadhesive ophthalmic lubricating vehicles: The effect of different polymers on physicochemical properties and functionality. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 49(October 2018), 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2018.10.034>

Van Der Snoek, E. M., Robinson, D. J., Van Hellemond, J. J., & Neumann, H. A. M. (2008). A review of photodynamic therapy in cutaneous leishmaniasis. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*, 22(8), 918–922. <https://doi.org/10.1111/j.1468-3083.2008.02805.x>

# SÍNTESIS DE $\beta$ -NEROLINA EN MEDIO ÁCIDO, ANÁLISIS DEL MECANISMO DE REACCIÓN MEDIANTE EL MÉTODO SEMIEMPÍRICO AM1



*José Guillermo Penieres Carrillo, José Guadalupe García Estrada,\*  
Luis Antonio Martínez Arellano, Rodolfo Gómez Balderas, León Daniel Ponce Pérez*

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[jogarcia@unam.mx](mailto:jogarcia@unam.mx); [penieres@unam.mx](mailto:penieres@unam.mx)*



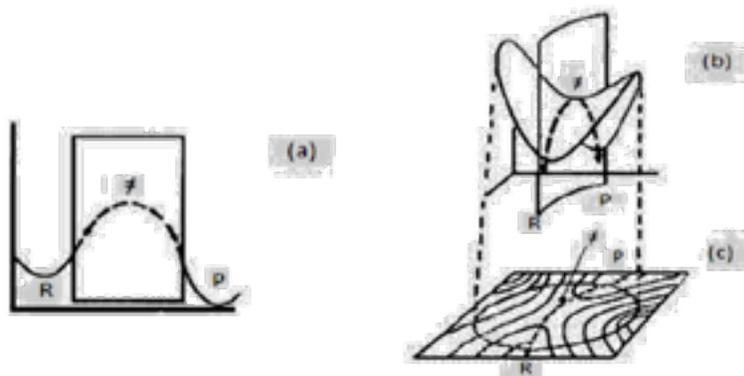
## Resumen

Durante la preparación experimental de la  $\beta$ -nerolina, las condiciones de esta reacción no apoyan una propuesta del mecanismo de reacción muy clara. En la literatura se han llegado a proponer dos tipos de mecanismos: sustitución nucleofílica unimolecular ( $SN_1$ ) o bien bimolecular ( $SN_2$ ). En el presente trabajo se muestran los resultados basados en métodos de la Química Cuántica (QC) a nivel semiempírico, para el mecanismo de reacción de la síntesis de  $\beta$ -nerolina. Los datos obtenidos apoyan un mecanismo tipo  $SN_2$  con la formación de un éster de ácido como intermediario.

**Palabras clave:**  $\beta$ -nerolina, mecanismo de reacción, química-computacional,  $SN_2$ .

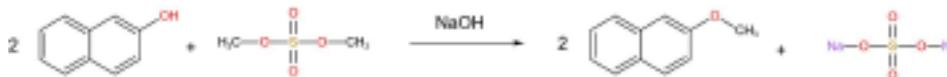
## Anecedentes

Los estudios de Química Cuántica (QC) se emplean para establecer, por ejemplo, el punto inicial de la síntesis experimental de un compuesto en particular o para explicar el mecanismo de una reacción por lo que la QC es una herramienta indispensable en Fisicoquímica Orgánica. Para el desarrollo de una propuesta del mecanismo de reacción, se requieren de evidencias experimentales precisas y confiables que, en conjunto con los métodos de la QC, permitan validar las propuestas. En QC, los métodos semiempíricos son un conjunto de aproximaciones que permiten el cálculo de propiedades moleculares con precisión y fiabilidad suficiente para tener un valor práctico en la investigación química y de modelación en mecanismos de reacción. En la actualidad, entre los métodos semiempíricos más populares se destacan el Austin Model 1 (AM1) y el de Parametrization Method 3 (PM3), desarrollados por Dewar (Dewar et al., 1985) y Stewart (Dewar et al., 1985), respectivamente. Sin embargo, los métodos *ab initio* (Szabo & Ostlund, 1996), emplean el formalismo químico cuántico de manera más rigurosa, no empleando parámetros empíricos más allá de las magnitudes físicas más elementales. El método del campo autoconsistente o de Hartree-Fock (HF), se basa en el teorema variacional, por lo que cualquiera de los tres métodos químico cuántico pretende encontrar la función de onda que minimiza la energía del sistema. En cuanto a la investigación de un mecanismo de reacción, los estudios computacionales hacen referencia a la Superficie de Energía Potencial (Sato, 1955) (SEP), sobre la que se analizan las interacciones entre los átomos de una molécula o un sistema donde ocurre una reacción química y permite determinar las energías relativas para las distintas especies moleculares. Todos los mínimos de una SEP (Figura 1) representan puntos estacionarios de orden cero y ahí la suma de las fuerzas sobre los átomos es nula. Por otro lado, los puntos estacionarios de orden uno sobre la SEP corresponden a estructuras moleculares de los estados de transición, éstos se localizan sobre la coordenada de reacción que conecta los reactivos con los productos. Tanto los mínimos como los estados de transición se identifican mediante un cálculo de frecuencias armónicas de la estructura química.



**Figura 1.** Puntos críticos de una SEP, (a) representa el diagrama de energía reactivos-productos, (b) describe el camino de mínima energía entre los estados final e inicial y (c) corresponde a un mapa de SEP.

En cuanto a la síntesis de  $\beta$ -nerolina, si la reacción ocurre en medio básico (Mandal et al., 2016), el mecanismo de reacción sería de tipo  $SN_2$  (Figura 2), sin embargo, en condiciones acidas la formación de éteres es favorecido mediante una reacción  $SN_1$ , por lo que las herramientas de la QC, aplicadas a las condiciones de síntesis de la  $\beta$ -nerolina en condiciones acidas, nos permitirá discutir el mecanismo de reacción.



**Figura 2.** Síntesis de  $\beta$ -nerolina en medio básico a partir de sulfato de dimetilo.

## Objetivos

Analizar una propuesta de mecanismo de reacción para la síntesis de la  $\beta$ -nerolina mediante las herramientas de la Química Cuántica, empleando el método semiempírico AM1.

Determinar los puntos estacionarios de la superficie de energía potencial correspondientes a reactivos, intermediarios de reacción, estados de transición y productos.

Caracterizar los estados de transición e intermediarios de reacción del mecanismo propuesto.

## Procedimiento

Se construyeron y optimizaron las estructuras de todas las especies que intervienen en las reacciones, empleando el software IQmol (*IQmol-Research Computing Documentation*, n.d.). Se determinaron los parámetros geométricos óptimos correspondientes: las energías mínimas de todos los reactivos y productos, así como también la energía de los respectivos intermediarios que participan en la reacción en la aproximación AM1, utilizando el programa MOPAC 6.0 (*Steward computational Chemistry, Version 9.069 W.*). Las coordenadas y la determinación de las energías mínimas de todas las moléculas se construyeron con la matriz-Z, tomando en cuenta los siguientes Keywords: AM1 NOINTER BONDS EF PRECISE GEO-OK. La visualización de las coordenadas de reacción se llevó a cabo con Jmol (*Jmol: An Open-Source Java Viewer for Chemical Structures in 3D*, n.d.).

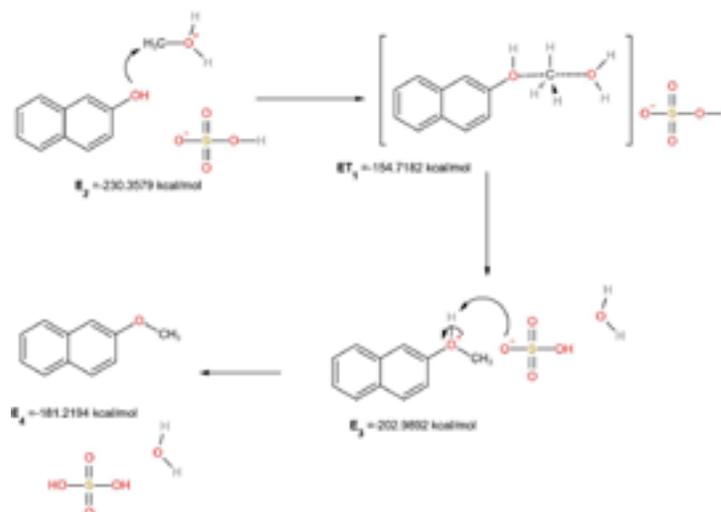
## Resultados y discusión

Por las condiciones experimentales de la síntesis, se propone como primer paso la protonación del metanol (Figura 3a). A partir de metanol protonado, la reacción puede proceder vía  $SN_2$  (Figura 3b) o  $SN_1$  (Figura 3c). Además, se propuso un segundo mecanismo  $SN_2$  ( $SN_2SM$ ) con un intermediario de bisulfato de metilo, (Figura 3d).

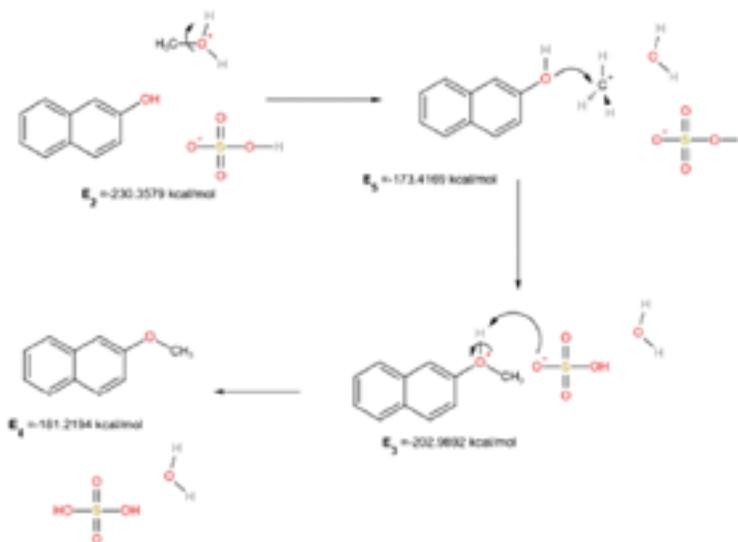
### 3a) Protonación



### 3b) Mecanismo SN<sub>2</sub>



### 3c) Mecanismo SN<sub>1</sub>



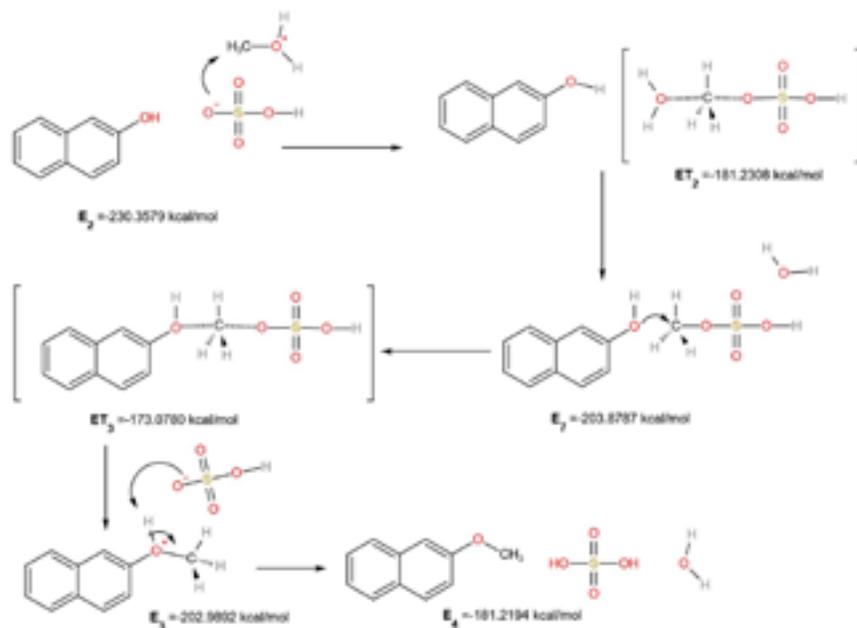
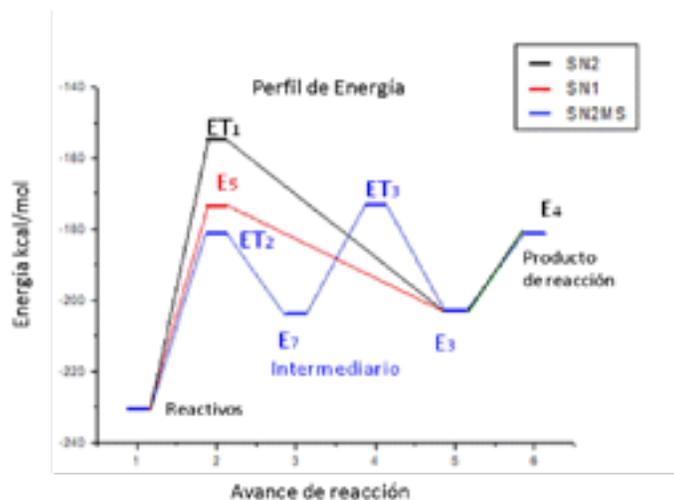
3d) Mecanismo  $SN_2$  con intermediario de bisulfato de metilo ( $SN_2SM$ ).

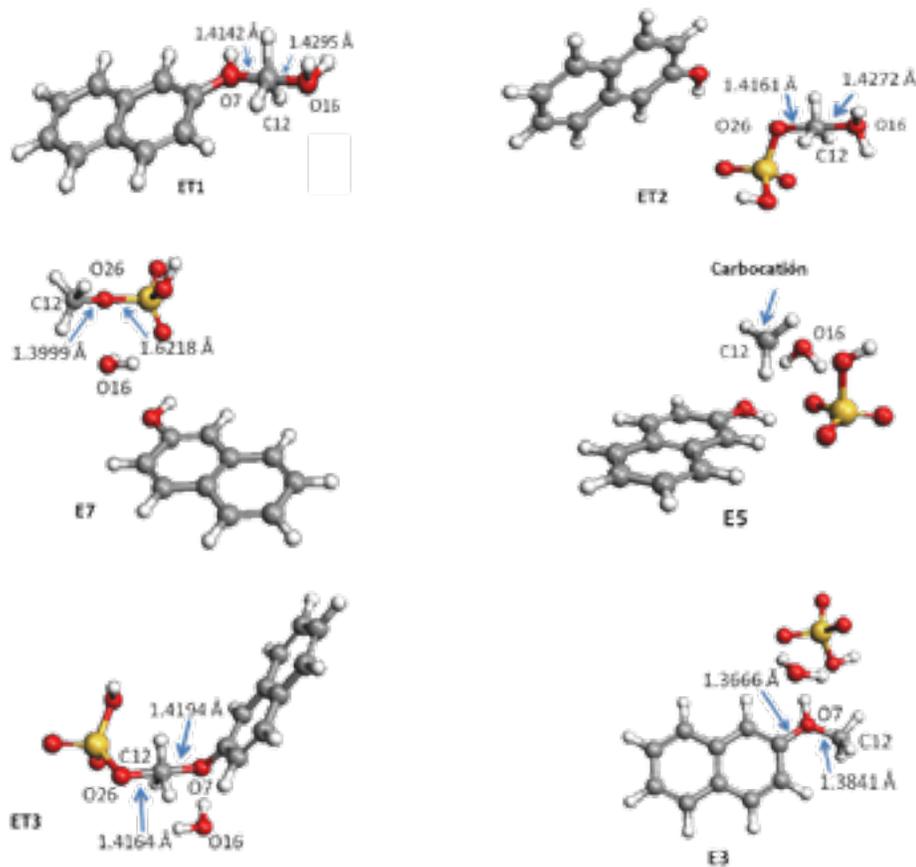
Figura 3. Propuestas de los mecanismos de reacción para la Síntesis de  $\beta$ -nerolina en medio ácido, se muestran las energías de las distintas estructuras moleculares.

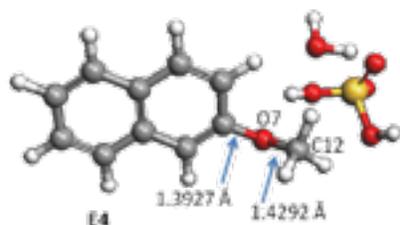
Los perfiles de reacción son presentados en la Gráfica 1, en donde se puede observar un perfil energético más favorable para el mecanismo de sustitución nucleofílica en el que se forma como intermediario el bisulfato de metilo ( $SN_2SM$ ). Esta trayectoria de reacción, propone un primer paso en la que el estado de transición 2 ( $ET_2$ ), requiere menor energía que el estado de transición 1 ( $ET_1$ ) y que la formación del carbocatión ( $E_5$ ).



**Gráfica 1.** Propuestas de los mecanismos de reacción para la Síntesis de  $\beta$ -nerolina en medio ácido.

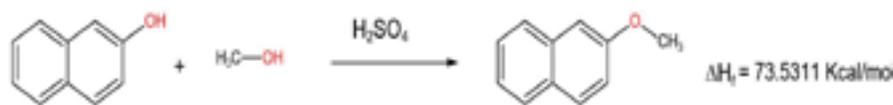
Las caracterizaciones de los estados de transición, así como el intermediario, reactivos y productos, son mostradas a continuación, Figura 4.





**Figura 4.** Caracterización estructural de los reactivos, intermediarios, estados de transición y productos.

La reacción finalmente es endotérmica, demostrado por el valor del calor de reacción que fue de  $\Delta H_f = 73.5311$  kcal/mol



**Figura 5.** Esquema global de la reacción para la síntesis de  $\beta$ -nerolol en medio ácido.

## Conclusiones

Con apoyo de la Química Cuántica, se logró analizar el mecanismo de reacción en la síntesis de la  $\beta$ -nerolol. De las tres propuestas estudiadas, el  $SN_2MS$  mostró ser la más probable con un perfil de reacción menos energético. En esta ruta se propone la formación *in situ* del intermediario de reacción bisulfato de metilo, apoyando el mecanismo vía  $SN_2$ . El valor del calor de reacción obtenido muestra que la reacción es endotérmica. Finalmente, se caracterizaron las geometrías de los reactivos, intermediarios, estados de transición y productos en la aproximación semiempírica AM1.

## Agradecimientos

Se agradece el apoyo de los proyectos DGAPA-UNAM PAPIIT IN221621, IA208221, LANCAD-UNAM-DGTIC-058 y PIAPI2039.



## Referencias

- Dewar, M. J. S., Zoebisch, E. G., Healy, E. F., & Stewart, J. J. P. (1985). Development and use of quantum mechanical molecular models. 76. AM1: A new general purpose quantum mechanical molecular model. *Journal of the American Chemical Society*, 107(13), 3902–3909. <https://doi.org/10.1021/ja00299a024>
- IQmol—Research Computing Documentation*. (n.d.). Retrieved 2 February 2022, from <https://wiki.rc.usf.edu/index.php?title=IQmol&oldid=1276>
- Jmol: An open-source Java viewer for chemical structures in 3D*. (n.d.). Retrieved 2 February 2022, from <http://jmol.sourceforge.net/>
- Mandal, S., Mandal, S., Ghosh, S. K., Sar, P., Ghosh, A., Saha, R., & Saha, B. (2016). A review on the advancement of ether synthesis from organic solvent to water. *RSC Advances*, 6(73), 69605–69614. <https://doi.org/10.1039/C6RA12914E>
- Sato, S. (1955). A New Method of Drawing the Potential Energy Surface. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, 28(7), 450–453. <https://doi.org/10.1246/bcsj.28.450>
- Steward, J., MOPAC (2009). Steward computational Chemistry, Version 9.069 W.
- Szabo, A., & Ostlund, N. S. (1996). *Modern quantum chemistry: Introduction to advanced electronic structure theory* (1. publ., unabridged, unaltered republ. of the 1. ed., New York 1989). Dover Publ.

# COMPARACIÓN DE CONTENIDO Y SEGURIDAD DE BASES DE MAQUILLAJE LÍQUIDAS COMERCIALES COMO AUXILIAR EN LA TOMA DE DECISIONES DE CONSUMO



*Andrea Betsabé Juárez Morales, Alma Adela Lira Vargas*

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México*  
[betsyjuarez014@gmail.com](mailto:betsyjuarez014@gmail.com)



## Resumen

La base de maquillaje líquida es un producto cosmético complejo ya que contiene hasta 50 ingredientes en su formulación y está disponible en un amplio rango de precio. Es por esto por lo que muchas afecciones cutáneas están relacionadas con su uso y una incompleta comprensión de la composición implica un riesgo a la salud. Para ello, se analizó la composición de 16 bases de maquillaje líquidas comerciales de diferentes gamas, mediante la caracterización de los ingredientes relevantes y la elaboración de tablas comparativas que permiten ser de guía en la toma de decisiones de consumo, así mismo, se comparó el precio comercial con el costo total de la materia prima a partir de una propuesta de formulación, para encontrar la mejor relación precio/calidad. Como resultado se obtuvo que la más costosa de todas, Dior, con un valor de \$1200, es de las más inseguras de las estudiadas junto con la más económica (i'm natural, \$39). Así mismo, a partir de una formulación propuesta, se obtuvo que el costo total de la materia prima de una base de maquillaje líquida representa tan solo el 5% del precio promedio disponible (\$300).

**Palabras clave:** base de maquillaje líquida, maquillaje facial fluido, consumo, composición, calidad, ingredientes, formulación, cosmético.

## Antecedentes

La base de maquillaje, o fondo de maquillaje, corresponde a una suspensión de sustancias en polvo en el seno de una emulsión, generalmente de tipo aceite/agua o agua/silicona. Este tipo de preparados está formado por dos componentes esenciales, la parte funcional, compuesta por pigmentos, y el vehículo, también conocido como excipiente (Benaiges, 2004). Sirve para unificar el tono, disimular o cubrir las imperfecciones y dar una impresión radiante y natural realzando las cualidades del rostro (Alcalde y del Pozo, 2003).

Las bases de maquillaje líquidas (o fluidas) son más fáciles de aplicar y resultan más ligeras que los demás tipos (compactos, polvos, cremas, en barra, mousse, etc.) y también ayudan a tapar imperfecciones como las pequeñas arrugas o los granitos y crean una capa protectora contra las agresiones externas (Pérez, 2015).

Utilizar base de maquillaje conlleva ciertas responsabilidades con uno mismo pero también con el medioambiente ya que al ser un producto que se utiliza en la mayor parte del rostro por un tiempo prolongado de más de 12 horas y por la gran diversidad de fórmulas que existen, son muchas las consecuencias negativas que se pueden producir al usar un maquillaje de mala calidad en nuestra piel como sensibilidad cutánea, irritación, rojeces, acné, reacciones alérgicas por contacto, disrupción hormonal, cáncer, hasta bioacumulación en organismos marinos, ecotoxicidad, etc. es por esto que resulta imprescindible estar bien informados al escoger una base de maquillaje y asegurarnos de que sea de buena calidad y adecuada para nuestro tipo de piel (Brodoy, 2020).

De acuerdo con el estudio de consumo realizado de manera complementaria a este trabajo de investigación, el 67% de los consumidores no están informados acerca de los ingredientes que deben evitar, pero les gustaría saberlo. De hecho, basado en estudios por Canipecc (2020), se sabe que cada vez son más los consumidores conscientes que se interesan por utilizar maquillaje más seguro, prefiriendo marcas con altos estándares de calidad.

Investigaciones recientes han evaluado la seguridad de muchos ingredientes contenidos en el maquillaje facial, incluso existen bases de datos disponibles en la web como Environmental Working Group (EWG's Skin Deep), INCIdecoder y cosDNA, las cuales se basan en la información publicada por la compañía Cosmetic Ingredient Review (CIR), quienes revisan la seguridad de los ingredientes en cosméticos. El CIR fue establecido por la Personal Care Products Council (PCPC) con el apoyo de la Food and Drug Administration (FDA) y Consumer Federation of America (CFA).

## Objetivo

Analizar la composición de 16 bases de maquillaje líquidas comerciales de diferentes gamas, mediante la caracterización de los ingredientes relevantes y la elaboración de tablas comparativas que permitan ser de guía en la toma de decisiones de consumo, así mismo, comparar el precio comercial con el costo total de la materia prima a partir de una propuesta de formulación, para encontrar la mejor relación precio/calidad.

## Metodología

Para la comparación de bases de maquillaje líquidas, se utilizaron 16 de las bases más usadas por los consumidores (resultados que se obtuvieron previamente a este estudio y que no se muestran), y a partir de estas bases se buscaron los ingredientes que forman parte de la composición de cada producto. La búsqueda fue en las páginas oficiales de las marcas y la información se procesó como se describe a continuación.

Se determinaron los ingredientes relevantes que componen las 16 bases de maquillaje líquida eligiendo aquellos que se encuentran en la mayoría de las formulaciones o que son de interés por sus propiedades funcionales e impacto sobre la salud del consumidor y medioambiente. Posteriormente, se realizó la investigación y análisis de dichos ingredientes para conocer las principales funciones que cumplen en la base de maquillaje y/o en la piel del usuario, así como las características de sus propiedades, origen, consideraciones, nivel de riesgo y la nomenclatura INCI más utilizada.

Una vez conociendo las propiedades de los componentes relevantes, se elaboraron tablas comparativas que incluyen las características y consideraciones de mayor interés de los 16 productos elegidos, entre estas la seguridad de su uso, para discutir y establecer recomendaciones de consumo, estableciendo las diferencias entre cada una

mediante la determinación de su relación calidad/precio, basado en la cantidad de ingredientes perjudiciales y el precio. Finalmente, conociendo los ingredientes comunes y las funciones que éstos cumplen en la base de maquillaje líquida, se propuso una formulación, a modo de ejemplo, para calcular el costo total de la materia prima y seguidamente relacionarlo con el precio presentado al consumidor.

Los ingredientes de las 16 bases de maquillaje se analizaron de manera tanto particular como general, es decir, por una parte, se realizó la revisión bibliográfica para conocer las propiedades de los ingredientes que aparecen en la mayoría de las formulaciones y por otra, se ingresaron las listas de ingredientes correspondientes en las bases de datos de EWG, INCIdecoder, etc., para elaborar las tablas comparativas.

## Resultados y discusión

Algunos ingredientes que se utilizan convencionalmente como conservadores, han sido objeto de controversia debido a sus posibles efectos adversos a la salud del organismo humano, como los parabenos y BHT; sin embargo, se ha demostrado que, en realidad, estos conservadores no causan daño a la salud a concentraciones de 0.8 a 1%, concentración que por norma se utiliza, y se demostró así mismo, que de hecho, los parabenos y el BHT son sustancias que presentan actividad antimicrobiana mucha más alta que cualquier otra, aún en concentraciones bajas (Petric et al., 2021).

El fenoxietanol también se utiliza como conservador, en ocasiones para sustituir a los parabenos; sin embargo, también existe controversia en cuanto a su seguridad. En un estudio realizado por Dréno et al. (2019) se concluyó que el fenoxietanol es seguro como antimicrobiano mientras no se use a concentraciones mayores al 1%.

En realidad, los ingredientes que son responsables de ocasionar mayores daños a la piel del rostro son los excipientes que definen la forma cosmética, y, por lo tanto, los más abundantes, los cuales se encuentran en los primeros cinco ingredientes de la etiqueta. Estos componentes son añadidos al maquillaje dependiendo del tipo de piel a la cual será aplicada. En la Tabla 1 se explican las características e ingredientes de la fórmula que se relacionan con el tipo de piel.

**Tabla 1.** Características de la base de maquillaje de acuerdo con el tipo de piel

<b>Tipo de piel</b>	<b>Características de la base de maquillaje</b>	<b>Ingredientes en la formulación (orden de proporción decreciente)</b>
<b>Grasa</b>	Bases con una baja cantidad de aceites y grasas y/o una gran cantidad de humectantes.	Agua, Undecano, Isododecano, Alcohol (como astringente para cerrar los poros).
<b>Mixta</b>	Bases con menor proporción de aceites y grasas, pero más humectantes.	Agua, Silicona, Isododecano.
<b>Normal</b>	Bases con un óptimo equilibrio de grasas y aceites y humectantes	Agua, Silicona, Aceite.
<b>Seca</b>	Bases ricas en aceites y grasas para una máxima nutrición	Agua, Silicona, Aceite natural, Glicerina.
<b>Sensible</b>	Bases con misma proporción de aceites y grasas que la gama no sensible, pero retirando ingredientes potencialmente irritantes alérgenos y añadiendo ingredientes calmantes	Agua, Isododecano, Silicona, Glicerina, y que incluya, además: filtros UV físicos (óxido de zinc y dióxido de titanio) y calmantes (bisabolol, aloe vera, etc.) Evitar alcohol y tener cuidado con aceites naturales ya que algunos pueden causar alergias.

Utilizar maquillaje con componentes adecuados ayuda a evitar problemas como irritación, taponamiento de poros, acné, exceso de grasa y/o falta de hidratación.

De acuerdo con el análisis de la composición de las bases de maquillaje líquidas más usadas (Tabla 2), se establece que en cuanto a la seguridad de la fórmula, la relación calidad/precio de las bases de maquillaje más usadas usualmente es media en gama alta y buena en gama media, a excepción de algunas marcas como Dior, siendo de las más costosas y al mismo tiempo de las más inseguras para el consumidor presentando una relación calidad/precio mala, mientras que las marcas recomendadas como La Roche Posay y Natura, presentan buena relación calidad/precio. La marca i'm natural, es la más económica y también de las más inseguras.

Tal como se observa en la Tabla 2, la variación entre los precios de las bases de maquillaje comerciales es muy amplia; desde \$30 y hasta \$2000. Dicho lo anterior, es posible inferir que el precio del producto no solo depende de la inversión que se realice en la materia prima, sino que depende también de factores como, el prestigio de la marca, los costos y el tiempo que se le dedique a la investigación y desarrollo de la fórmula,

el proceso de manufactura, los estándares de calidad y políticas de devolución, el marketing, el empaque, entre otros. Es un error pensar que la calidad de los ingredientes está relacionada con el precio de éstos y por tanto del producto final.

**Tabla 2.** Comparación de la calidad de las bases de maquillaje líquidas más usadas

Nombre de la base	Cama alta					Cama media					Cama baja					
	Macys Beauty Blush Cover	La Roche Posay Hydra Sérum Fluide	Clay se Sérum Hydra Sérum Fluide	Macys Beauty Blush Cover	Vicky Dermat Blush	Nyx Profil Cover Up Wax's Blush	Beauty Blush Cover Up Wax's Blush	Beauty Blush Cover Up Wax's Blush	L'Oréal Paris Blush Cover Up Wax's Blush	Macys Beauty Blush Cover	Macys Beauty Blush Cover	Macys Beauty Blush Cover	Macys Beauty Blush Cover	Macys Beauty Blush Cover	Macys Beauty Blush Cover	
Precio (MXN)	1,210	830	590-750	800	590-800	310-440	270-330	290	240	260	120	200-214	210	180	112	10
Alto contenido de pigmentos	4	6	5	5	3	4	7	2	4	3	5	8	8	3	4	0
Porcentaje de pigmentos	70%	100%	81	82	82	84	85	87	86	88	87	88	84	84	84	70
Tipos de pigmentos	Mixto	Mixto	Mixto	Mixto	Rojo	Rojo	Mixto	Rojo	Rojo	Rojo	Mixto	Mixto	Mixto	Mixto	Mixto	Mixto

**Tabla 3.** Costo de una formulación propuesta de base de maquillaje líquida (García et al., 2018).

Ingrediente	Función	Precio (MXN)		Cantidad (g, mL)	Costo (MXN)
		(p/g o mL)*	%		
Agua	Disolvente	0.012	60	18	0,22
Dimeticona	Emoliente	0.1956	8	2,4	0,47
Triglicérido cáprico	Emoliente	0.398	8	2.4	0.96
Alcohol cetílico	Espesante	0.10846	4	1.2	0.13
Ácido esteárico	Surfactante	0.10464	2.6	0.78	0.08
Cetil PEG/PPG-10/1 dimeticona	Emulsificante	4.932	2	0.6	2.96
Glicerina	Hidratante	0.05	2	0.6	0.03
Caolín	Opacificante	0.1	2	0.6	0.06
Metilparabeno	Conservante	0.7099	1	0.3	0.21
Vitamina E	Antioxidante	39	0.5	0.15	5.85
Goma Xanthan	Estabilizante	0.3621	0.5	0.15	0.05
Fragancia Floral	Perfume	3.48	0.4	0.12	0.42
Dióxido de Titanio	Pigmento/	2.03	6	1.8	3.65
	Filtro UV				
CI negro	Pigmento	0.1	1	0.3	0.03
CI rojo	Pigmento	0.09	1	0.3	0.03
CI amarillo	Pigmento	0.105	1	0.3	0.03
<b>TOTAL</b>			<b>100%</b>	<b>30 mL</b>	<b>15.18</b>

\* Los precios fueron consultados en tiendas y droguerías disponibles en línea: conjunto LAR, droguería Cosmopolita, mercado libre, etc.

En la Tabla 3 se observa que el costo total de la materia prima propuesta para producir una base de maquillaje líquida es de \$15.89. tan solo el 5% del precio promedio de una base de maquillaje (\$300).

La mayoría de los ingredientes que se utilizan son añadidos en cantidades muy pequeñas. por lo que el costo se mantendría similar al obtenido en la Tabla 3. aunque se cambiara la formulación. En el caso de los componentes que se añaden en cantidades mayores. para dar consistencia a la base de maquillaje. rara vez tienen costos altos.

## Conclusiones

Las afecciones cutáneas que se presentan en la piel del rostro se pueden reducir sustancialmente eligiendo la base de maquillaje con la composición de excipientes adecuada según el tipo de piel del usuario. El isododecano es un excipiente apto para todo tipo de piel. La silicona no es apta para pieles grasas pero el alcohol y los silicatos. sí. Los protectores solares minerales son aptos para todo tipo de piel. como óxido de zinc y dióxido de titanio.

La relación calidad/precio de las bases de maquillaje más usadas usualmente es media en gama alta y buena en gama media. Dior. siendo la más costosa (\$1200) es de las más inseguras. casi como la base más económica (i'm natural. \$39) por lo que no es confiable elegir una base de maquillaje basado en el precio que está disponible en el mercado. La Roche Posay es la base de maquillaje más segura dentro de las estudiadas en este trabajo de investigación.

El costo total de la formulación de base de maquillaje propuesta en este trabajo de investigación representa tan solo el 5% del precio promedio.



## Referencias

- Alcalde. M. T. y Del Pozo. A. (2003). Fondos de maquillaje (I). Definición y componentes. *Offarm. Elsevier*. 22(8). 161-2. Disponible en: <https://bit.ly/3mq9wfG>
- Benaiges. A. (2004). Cosmética decorativa. Maquillajes. barra de labios y laca de uñas. *Offarm*. 23(3). 94-102. Disponible en: <https://bit.ly/3cVVgZ5>
- Brodoy. A. (2020) La importancia de usar maquillaje de calidad | Blog Ladival. Ladival. Disponible en: <https://ladival.es/la-importancia-usar-maquillaje-calidad/>
- Canipeec (2020). Comercio y balanza comercial del sector Enero-Julio 2020. Estadísticas. Recuperado el 15 de diciembre 2020. Disponible en: <http://canipeec.org.mx/estadisticas/>
- Dréno. B., Zuberbier. T., Gelmetti. C., Gontijo. G., & Marinovich. M. (2019). Safety review of phenoxyethanol when used as a 118 preservative in cosmetics. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology*. 33. S7. 15– 24. doi:10.1111/jdv.15944
- EWG's Skin Deep. (Sin Fecha). Disponible en: <https://www.ewg.org/skindeep/>
- García. P. C., Del Cid. A. I., Oliveros. N. S., y Salguero. F. D. (2018). Investigación inicial: Base para maquillaje. Formulación de base para maquillaje en crema. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- INCI Decoder. (Sin Fecha). Decode INCI. Disponible en <https://incidecoder.com/deco-de-inci>
- Pérez. A. (2015). Ventajas de las bases de maquillaje líquidas. *Maquilladas*. Disponible en: <https://bit.ly/3wzM3NJ>
- Petric. Z., Ružić. J., & Žuntar. I. (2021). The controversies of parabens – an overview nowadays. *Acta Pharmaceutica*. 71(1). 17– 32. doi:10.2478/acph-2021-0001

# ESTUDIO COMPARATIVO DE LOS INGREDIENTES DECLARADOS EN LOS PROTECTORES SOLARES COMO AUXILIAR EN LA TOMA DE DECISIÓN DE COMPRA



*Diana Janneth Solis Montebello, Alma Adela Lira Vargas*

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan, Universidad Autónoma de México*  
[diana.jann85@gmail.com](mailto:diana.jann85@gmail.com)



## Resumen

La exposición a los rayos solares puede tener consecuencias nocivas inmediatas o agudas como eritema, bronceado y quemaduras, así como efectos crónicos o tardíos son fotoenvejecimiento, inmunosupresión y carcinogénesis para evitar estos efectos adversos se ha desarrollado los protectores solares, los cuales contienen sustancias químicas y/o físicas, denominadas filtros, capaces de absorber o reflejar las radiaciones solares. Por esto el objetivo es identificar que marca nos proporciona una calidad de producto que cumpla con las funciones como ingredientes y sea de costo accesible para el consumidor mediante nuestro análisis de ingredientes como de mercado. Dependiendo la economía de cada consumidor podría elegir un protector solar de gama alta, media o baja, lo que si se recomienda es que los consumidores se involucren un poco más con los ingredientes de composición del producto, debido a que la mayoría de ellos no son recomendables para el uso personal que se ve reflejado en el precio de este tipo de productos, además de que así harían una compra más informada, consiente y con una relación de costo-calidad equilibrada.

**Palabras clave:** Protector solar, filtro solar químico, filtro solar físico, ingredientes, radiaciones solares, costo, consumidor.

## Antecedentes

El sol emite diferentes tipos de radiaciones, entre las que hay que destacar los rayos ultravioletas y los infrarrojos, responsables de efectos beneficiosos y perjudiciales sobre la piel. Existen dos tipos de radiaciones ultravioleta que llegan hasta la superficie de la piel, las B (UVB) caracterizadas por una longitud de onda entre 290 y 320 nm y las A (UVA) con una longitud de onda entre 320 y 400 nm. Los beneficios de la luz solar incluyen síntesis de vitamina D, efectos anti infecciosos y una acción terapéutica en ciertas enfermedades como psoriasis, vitíligo y eczema (Roelandts, 2007).

La radiación ultravioleta es la primera causa de cáncer de piel. En la Tierra se recibe 20 veces más radiación ultravioleta A que B, pero esto depende de la hora del día, la latitud y las condiciones atmosféricas. Tanto la radiación ultravioleta A como la B causan mutaciones genéticas e inmunosupresión, y estos dos eventos biológicos así causados pueden desencadenar cáncer (Hernando, 2009).

Por otra parte, la exposición a los rayos solares puede tener consecuencias nocivas inmediatas o agudas como eritema, bronceado y quemaduras, así como efectos crónicos o tardíos son fotoenvejecimiento, inmunosupresión y carcinogénesis (Marguery, 2002). La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha señalado que el cáncer de piel es cada vez más frecuente, lo cual se confirma en el hecho de que cada año se diagnostican dos millones de nuevos casos en todo el mundo; y de ellos, melanoma y el cáncer de piel no melanoma son los que tienen consecuencias más graves para la salud (Navarrete, 2014).

Las UVB son las radiaciones de mayor energía, pero penetran poco en la piel. Son responsables del eritema o enrojecimiento y desencadenan el proceso del verdadero bronceado. Las UVA poseen menor energía, pero penetran más profundamente en la piel, son responsables de la aparición de la pigmentación inmediata, juegan un papel esencial en el desencadenamiento de las alergias solares, de las reacciones fototóxicas y a largo plazo del fotoenvejecimiento de la piel (AECC, 2010). Las radiaciones infrarrojas, con una longitud de onda superior a 760 nm, producen un efecto calórico y

parece que pueden potenciar los efectos negativos de las UVB y UVA. La exposición inadecuada al sol puede provocar insolaciones, quemaduras, envejecimiento prematuro de la piel, alteraciones del sistema inmunitario, afecciones oculares y cáncer de piel. Para evitar estos efectos adversos se ha desarrollado un tipo especial de productos cosméticos, los protectores solares o fotoprotectores (Navarrete, 2014).

Los protectores solares son productos que impiden o reducen la penetración de los rayos ultravioleta (UV) a través de la piel. A diferencia de la creencia popular, los protectores solares hay que utilizarlos todo el año, sobre todo cuando se trata de pieles sensibles o con afecciones dermatológicas (AECC, 2010).

Los fotoprotectores contienen sustancias químicas y/o físicas, denominadas filtros, capaces de absorber o reflejar las radiaciones solares, protegiendo a la piel de los efectos dañinos de las mismas. Los fotoprotectores actúan frente a las radiaciones ultravioleta B (UVB), ultravioleta A (UVA) e infrarrojo (IR), pero presentan diferente eficacia protectora frente a ellas (Arellano, 2010).

Estos productos van precedidos de unas siglas SPF (Factor de protección solar) seguido de unos números que indican el nivel de protección, es decir la capacidad de bloquear las radiaciones. Cuanto mayor el SPF, mayor capacidad de bloqueo. Los filtros pueden ser físicos, químicos, o biológicos, o existir en un producto combinaciones de ellos (AECC, 2010).

Toda persona a partir de los seis meses de edad debe utilizar un protector solar todos los días. Incluso las personas que trabajan en zonas cubiertas y están expuestos a la radiación ultravioleta por períodos breves a lo largo del día (Gonzales, 2006).

## **Objetivo**

Analizar ingredientes de diferentes marcas de protectores solares mediante una tabla comparativa con base a un estudio de mercado determinando para brindar información al consumidor del costo de cada ingrediente, su uso y su función y él elija el que más crea conveniente.

## **Parte experimental**

### ***Comparación de componentes de composición***

Se llevó a cabo una investigación de los componentes de formación de los protectores

solares seleccionados por una previa encuesta (resultados no mostrados) y se comparó el tipo de ingredientes y la función que desempeñan cada uno de estos compuestos en este tipo de productos. Las 12 marcas de protectores solares elegidas por los consumidores fueron: Apivita Suncare, Eucerin Sun, Garnier, Avène, Neutrogena, Nivea, Banana Foat, Hawaiian Tropic, Pond's y Eternal Secret, cabe aclarar que todos los antes mencionados tenían un Factor de Protección Solar (FPS) 50, Lubridem y ST Ives un FPS de 15.

### Resultados y discusión

En la Tabla 1, se realizó un estudio sobre la formulación de cada protector solar utilizando un método de separación por diferentes Gamas (Alta, media y baja) para poder clasificar en cuanto a Precio/ Calidad cada uno de ellos basándonos en cada ingrediente de su formulación, para este estudio se utilizaron 12 protectores solares de los cuales se utilizaron 4 por cada Gama los cuales se muestran a continuación.

De acuerdo a la comparación de los ingredientes más relevantes en la formulación de las 3 gamas distintas (gama alta, media y baja) estudiadas de Protectores Solares en base a los resultados obtenidos de la encuesta online, la mayoría de los encuestadores su uso de protector solar se refleja en cuanto al precio del producto el cual oscila entre \$100 a \$200 MXN lo que involucraría protectores solares de gama media a baja, entre estos protectores se encuentran las marcas mostradas en la Tabla 1.

Se observa que la mayoría de las marcas involucradas ofrecen un FPS de 50, el cual se encarga de medir el índice de protección de un Protector Solar y nos indica el tiempo que nuestra piel puede estar expuesta al sol. Los protectores solares con FPS 15 filtran aproximadamente 93% de los rayos UVB, mientras que los protectores solares con SPF 30 filtran aproximadamente el 97%, los protectores solares con FPS 50 filtran alrededor del 98% y los que tienen FPS 100 aproximadamente el 99%.

**Tabla 1.** Composición de ingredientes en las formulaciones de los Protectores Solares estudiados (Gama alta, media y baja).

Ingrediente	Marcas de Gama Alta				Marcas de Gama Media				Marcas de Gama Baja			
	Apivita Suncaire FPS 50 \$556.00	Ecueirin Sun FPS 50 \$395.00	Garnier FPS 50 \$385.00	Avené FPS 50 \$364.00	Neutrogena FPS 50 \$271.00	Nivea FPS 50 \$205.00	Banana foat FPS 50 \$200.00	Hawaian Tropic FPS 50 \$141.00	Pond's FPS 30 \$99.00	Lubriderm FPS 15 \$97.00	Eternal Secret FPS 50 \$67.00	ST Ives \$57.00
Methyl methacrylate Crosspolymer						X						
Homosalato		X	X		X	X	X	X				
Butano			X									
Isobutano							X					
Butyl Methoxydibenzoyl methane		X	X			X	X	X		X	X	X
Octocrileno			X		X	X	X	X		X		
Methoxyphenyl Triazine		X				X				X		
Ethylhexyl salicylate		X	X			X	X	X		X		
Diethylamino hydroxybenzoyl hexyl benzoate		X										
Ethylhexyl triazine		X	X									
Ethylhexyl benzoate								X				

\*Se emplearon los ingredientes más comunes en las formulaciones.

De acuerdo a la información obtenida mediante el análisis de cada protector se puede decir que aunque la mayoría de los ingredientes cumplen una función en la formulación las siguientes son las principales para obtener un producto de protección solar adecuado:

*Los filtros solares (UV) tienen la función de evitar el paso de la radiación ultravioleta:* Que vienen siendo todos los empleados en las formulaciones de nuestros protectores solares estudiados: Homosalato \$918/500ml, Bis-ethylhexyloxyphenol methoxyphenyl

triazone \$336/200mg, Butyl methoxydibenzoylmethane \$328.84/100g, Octocrileno \$97.44/1pza, Ethylhexyl salicylate \$849/100ml, Octisalato, Phenylbenzimidazole sulfonic acid, Dioxido de titanio \$176/125g, Oxibenzona \$453.16/100g, Óxido de Zinc \$24/30g, Tetrametilbutilfenol, Ethylhexyl Methoxycinnamate \$250.18/kg, Drometrisole trisiloxane \$1066/kg, Diethylamino hidroxybenzoyl hexyl benzoate.

*Tensiones activas para emulsionar las fases acuosa y oleosa:* Donde se encuentran los siguientes ingredientes: Estearato de glicerilo \$78.20/125g, Goma xantica \$184.47/125g, Dicyetyl phosphate \$834/5g, Glyceryl behenate, Dietilfosfato, Alcohol cetosteárico \$139/kg, Cera de Alba \$500/kg, Acido estérico \$74.19/125g.

*Aceites y mantecas emolientes que nutren y flexibilizan la piel:* Dimeticona \$411.05/125ml, Caprylyl glycol \$816/250ml, Glicerol behenate, Alcohol estearílico \$66/500g, Cyclohexasiloxane \$213.34/kg, Isododecane, Helianthus annuus seed oil \$83/L, C12-15 Alkyl benzoate \$1057/500ml, Cera de alba \$500/kg.

*Humectantes para evitar la sequedad de la piel por el calor:* Peg-8 laurate \$385/40lbs, Tricontanyl PVP, Cera de alba \$500/kg, Glicerina \$96.25/125ml, Caprylyl glicol \$816/250ml. Antioxidantes que disminuyen el efecto de los radicales libres: BHT \$150.16/125g, Ascorbyl palmitate \$589.50/90g, Tocoferol \$389/10g, Ascorbato de sodio \$2350/250g, Acetato de tocoferilo \$1785/kg.

*Conservantes que evitan la contaminación del producto:* Sorbato de potasio \$179/250g, Ácido benzoico \$500/100g, Fenoxietanol \$158.40/125ml, Metil parabeno \$70.90/100g, Propil parabeno \$74.94/100g, Etil parabeno \$80/100g.

*Correctores de pH para conseguir un valor de pH entre 4 y 5,5:* NaOH \$688/500g, Ácido benzoico \$500/100g.

*Espesantes y estabilizantes que mantengan el producto homogéneo y estable:* Ethylhexyl salicylate \$849/100ml, Benzofenona-3 \$453.16/100g, Goma Xantana \$184.47/125g, Óxido de zinc \$24/30g, Distordium hectorine.

*Perfumes o fragancias que aporten un buen aroma al producto:* Cera de Alba \$500/kg, Isododecane, Butylphenyl methylpropional \$176.45/125g, Phenetyl benzoate \$74.19/125g, Linalool \$1094/250ml, Coumarin \$400/500g, Propil parabeno \$74.94/100g.

De acuerdo a la información anterior sobre el precio por cada ingrediente que se utiliza en la formulación de un Protector Solar y basándonos en el previo análisis de cada uno de estos se escogió un Protector Solar por cada Gama de acuerdo a su cuestión de calidad y por lo tanto de su precio debido a que cada respectiva marca utiliza los ingredientes necesarios pero no siempre optan por los más saludables para

nuestra piel debido a que se encuentran ingredientes más económicos que cumplen la función necesaria pero no precisamente son los mejores para este tipo de producto y formulación por el riesgo que se encuentra a largo plazo.

Analizando el tipo de ingredientes y su precio se puede decir que el protector solar Eternal Secret es el más apto para su uso diario, a pesar de que se encuentra en una gama baja ya que contiene ingredientes que lo hacen funcional para lo que fue desarrollado, cabe aclarar que todos tienen la funcionalidad, pero en la relación precio calidad, este sería el más equilibrado, dejando abierto a más estudios como pruebas de calidad importantes en este tipo de productos para ver si cumplen de acuerdo a las normas mexicanas. (Tabla 2)

**Tabla 2.** Marcas de Protector elegidas en cuanto a precio por ingrediente y calidad.

Gama	Marca	Análisis
Alta	<b>Avené FPS 50</b>	El precio del tipo de filtro solar químico que utilizan que es Phenyl benzimidazole sulfonic acid no se encuentra registrado pero este tipo de filtro se recomienda no utilizarlo y los dos filtros solares físicos utilizados son Dióxido de titanio y óxido de zinc los cuales son recomendables y su precio no es elevado, los demás ingredientes son en su mayoría económicos lo cual no se ve reflejado en el precio de este protector solar ya que este es elevado y no contiene ingredientes de calidad como se esperaría.
Media	<b>Nivea FPS 50</b>	Este protector solar contiene filtros solares físicos y químicos que o se deben utilizar con prudencia o dañinos los cuales no tienen un precio elevado y en su formulación no incluyen ingredientes de costo elevado entonces no se obtiene la calidad que se esperaría al precio que establece.
Baja	<b>Eternal Secret FPS 50</b>	Este protector solar contiene de los filtros más seguros que son los físicos Óxido de zinc y Dióxido de titanio los cuales no tienen un precio elevado y cumplen con su función en su demás formulación se incluyen ingredientes económicos pero que cumplen con cada función y su precio es aceptable en cuanto a la calidad que ofrece.

## Conclusiones

El uso de protectores solares cada vez tiene mayor demanda, sin embargo, sigue siendo bajo el consumo debido a su costo y calidad; sin embargo, con este trabajo se puede

decir que dependiendo la economía de cada consumidor podría elegir un protector solar de gama alta, media o baja, lo que si se recomienda es que los consumidores se involucren un poco más con los ingredientes de composición del producto, debido a que la mayoría de ellos no son recomendables para el uso personal que se ve reflejado en el precio de este tipo de productos, además de que así harían una compra más informada, consiente y con una relación de costo-calidad equilibrada. Conocer sobre la formulación de los protectores solares es de suma importancia porque se puede evitar un daño al cuerpo, a la piel y hasta el medio ambiente.



## Referencias

- AECC. (2010). Guía de protección solar. Recuperado de [https:// 20\\_guia\\_solar.pdf](https://20_guia_solar.pdf).
- Arellano Mendoza I. (2010). Declaración de posición conjunta sobre Fotoprotección. Medicina Instituto Mexicano del Seguro Social. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/pdfs/cosmetica/dcm-2014/dcm144e.pdf>.
- Gonzales C. J. (2006). Fotoprotección. Tiempo de verano. Recuperado de <http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-fis/fotoproteccion.pdf>.
- Hernando Moreno L. (2009). Fotoprotección. Ocolderma. Recuperado de [www.revistaocolderma.com](http://www.revistaocolderma.com).
- Marguery M. C. (2002). Fotoprotección sistemática y atópica. Encyclopaedia Medico-Chirurgicale. [versión electrónica] New York, EU: Encyclopaedia Medico Chirurgicale. <https://medico-chirurgicale.com>.
- Navarrete L. J. (2014). Fotoprotección aliada contra el cáncer de piel y envejecimiento prematuro. Boletín informativo de la Fundación Mexicana para la dermatología. Recuperado de <http://dermaskin.com.mx/blog/>.
- Roelandts R. (2014). Recomendaciones clínicas para la Fotoprotección en México. Dermatología. Recuperado de [https://issuu.com/cilad-revistas/docs/dcmq\\_2014\\_v12-n4\\_red/36](https://issuu.com/cilad-revistas/docs/dcmq_2014_v12-n4_red/36).



**CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN  
SOCIALES Y HUMANIDADES**

# ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA BAJO LA MODALIDAD DE EDUCACIÓN REMOTA DE EMERGENCIA EN APOYO A ESTUDIANTES DE LICENCIATURA DE LA FES CUATITLÁN



*Margarita Flores Zepeda<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, [margaritafloresz@hotmail.com](mailto:margaritafloresz@hotmail.com)



## Resumen

Se realizó un estudio con alcance descriptivo y de tipo cuantitativo en el que se aplicó una encuesta para obtener una visión general de cómo la estrategia de enseñanza, diseñada y empleada para impartir clases virtuales a estudiantes de licenciatura cumplió o no con la finalidad de facilitar el aprendizaje de los estudiantes y la enseñanza de parte del profesor bajo la modalidad de Educación Remota de Emergencia -ERE-, durante el año 2021. La estrategia de enseñanza integra el diseño y uso de herramientas tecnológicas que permiten la comunicación síncrona y asíncrona entre profesores y alumnos y, además permite disponer de material de estudio en apoyo a la actividad educativa, rasgos que caracterizan una enseñanza bajo la particularidad de ERE, modalidad que en este momento se requiere implementar. Se obtuvieron resultados satisfactorios respecto al nivel de aceptación con relación a la utilidad y estructura de la estrategia de enseñanza propuesta y valorada.

**Palabras clave:** Estrategia de enseñanza, Educación Remota de Emergencia, Recursos tecnológicos, Educación Superior.

## Antecedentes

Para poder seguir impartiendo educación bajo esta nueva modalidad de enseñanza y aprendizaje a todos los estudiantes a raíz de la crisis mundial ocasionado por la pandemia de COVID-19, cada institución de educación superior tuvo que adaptar sus métodos de enseñanza en un plazo de tiempo muy corto, lo cual les obligó a flexibilizarse en todos sus procesos, estructuras y actores como no se había observado. Estos cambios provocaron una nueva concepción de Educación o Enseñanza Remota de Emergencia, ERE (Hoodges et al. 2020), la cual se caracteriza por ofrecer una respuesta rápida y temporal de apoyo a la continuación de la formación escolarizada ante la situación de crisis, pero, sin una planificación de recursos o infraestructura que garantice la eficacia de las estrategias (Echempati & Ramnarayan, 2020).

Este nuevo concepto de educación contrasta con el modelo de educación a distancia y en línea los cuales responden a un proceso de conceptualización y planificación que atiende de inicio las condiciones de no presencialidad para desde estas diseñar experiencias formativas que implican, entre otras cosas, un mayor uso de recursos digitales así como la creación de entornos digitales que permitan vencer las limitaciones de la separación física a partir de construir distintas formas de interacción a las que se suman las acciones de tipo asincrónico (Tarasow, 2010; Martens, 2009).

De acuerdo a cómo cada país o institución educativa haya decidido manejar la crisis, es cómo se definirá su Educación Remota de Emergencia. Las principales ventajas de utilizar este tipo de educación es el hecho de que prioriza la situación de emergencia, busca el bienestar de los estudiantes, agrupa a todas las acciones provenientes de los gobiernos, empresas, organizaciones no gubernamentales y personas para encontrar soluciones y favorece la actualización constantemente, por lo que puede cambiar repentinamente, si la situación de emergencia cambia. (Ibañez, 2020).

Ante lo cual, en el mediano plazo las universidades deberán integrar a la experiencia educativa un mayor uso de tecnologías en la práctica docente, para ello será importante que las instituciones desarrollen estrategias institucionales encaminadas a desarrollar infraestructura que permita a los docentes transitar entre lo presencial y el trabajo en línea o virtual. (DeVaney, et al., 2020)

Lo anterior, permite inferir que el reto para las universidades es transitar a un nuevo modelo educativo en el que hasta ahora se ha sostenido y que se caracteriza por una clara segmentación y delimitación entre modalidades y formas de entrega

de la educación, así como prácticas educativas parcializadas y desvinculadas de las prácticas sociales en las que se insertan.

En este contexto, la educación ha encontrado en las TIC una extraordinaria fuente de recursos digitales a través de los cuales se dota a la sociedad de nuevas formas de gestionar información, establecer comunicación en diferentes niveles y formarse en entornos digitales. Este nuevo campo, sin duda, representa un reto para quienes se involucran en el proceso educativo y la innovación en las formas de enseñar y aprender. Entre los recursos tecnológicos que se pueden utilizar para realizar dicho tránsito, está el empleo de páginas electrónicas o páginas web, por ser en esencia una tarjeta de presentación digital capaz de contener diversos medios electrónicos como texto, sonido, video, programas enlaces e imágenes. Otra plataforma comúnmente usada a partir de la emergencia sanitaria ocasionada por el COVID 19, es el Zoom, que es considerada como una potente plataforma de videoconferencia basada en la nube que permite interactuar virtualmente con estudiantes, académicos y compañeros. Su misión es ofrecer una herramienta con la que reunirse mediante vídeo, audio o ambos, facilitando chats en vivo y la posibilidad de grabar las sesiones, entre otras cosas.

Esta modalidad, nos muestra como cada país al igual que instituciones respondieron diferente al cambio educativo, y cómo este término de ERE es completamente nuevo, donde los roles y las herramientas no se encuentran definidos. Por ejemplo, en Estados Unidos, unas instituciones educativas están trabajando de manera presencial con restricciones, y otras con el método “en línea”. En el caso de México las IES, ajustaron su docencia por medio de utilizar plataformas institucionales propias en la mayoría de los casos, se capacito a los docentes en el manejo de herramientas tecnológicas y las clases en su mayoría son en línea y virtuales.

Por su parte la Universidad Nacional Autónoma de México ofreció a la comunidad académica herramientas tecnológicas por medio del Sistema de Aulas Virtuales y Ambientes Educativos, para fomentar la interacción en la comunidad universitaria, permitiendo la actividad docente a distancia a partir del uso de las herramientas Web Conference y Learning Management System (LMS). Dicho Sistema alberga para los docentes y alumnos, las principales plataformas (Moodle, Zoom y Cisco Webex) que permiten establecer sesiones de trabajo en tiempo real y en tiempo diferido, facilitando la capacidad de compartir video, documentos y actividades.

Para conocer el tipo de recursos digitales que empleaban los docentes para sus actividades a distancia *Sánchez-Mendiola, et al. (2020), realizaron un estudio, encontrando*

que los recursos de comunicación más usados fueron correo electrónico, WhatsApp; emplearon como plataforma el Google Classroom y Moodle (esta última proporcionada a los docentes por la propia universidad); respecto al almacenamiento, el recurso más utilizado fue Google Drive y para trabajo sincrónico se usó en mayor número Zoom (herramienta facilitada por la UNAM) y Google Hangouts, con lo que se denota específicamente la integración de las tecnologías digitales en los procesos pedagógicos de la Universidad.

Ante la imposibilidad de acceder a la plataforma institucional Moodle y solo poder usar de Zoom, motivo a buscar medios tecnológicos alternativos que pudieran ser usados como plataforma educativa que permitiera disponer de un espacio de aprendizaje online adaptado a las necesidades de profesores y estudiantes, para con ello disponer de un adecuado soporte para la impartición de clases bajo las nuevas condiciones de no presencialidad, ante lo cual, se identificó como alternativa desarrollar estrategias de enseñanza con el uso de recursos tecnológicos en un espacio digital para ir en congruencia con la nueva modalidad de Educación Remota de Emergencia y de esta manera disponer de recursos que faciliten el proceso de enseñanza bajo las nuevas condiciones para así estar en condiciones de atender el proceso educativo de los estudiantes en la FES Cuautitlán.

Lo anterior, permite inferir que el reto para las universidades es transitar a un nuevo modelo educativo en el que hasta ahora se ha sostenido y que se caracteriza por una clara segmentación y delimitación entre modalidades y formas de entrega de la educación, así como prácticas educativas parcializadas y desvinculadas de las prácticas sociales en las que se insertan. Partiendo del impacto en la vida académica cotidiana del estudiante, el profesor y el cambio obligado en la educación a nivel nacional, reflexionamos con relación a ¿sirvió de apoyo al proceso educativo de los estudiantes la estrategia de enseñanza, propuesta?

### **Objetivo(s)**

Con la finalidad de atender la emergencia educativa causada por el COVID 19, el presente estudio se enfoca en dar a conocer la propuesta de estrategia de enseñanza elaborada bajo la modalidad de Educación Remota de Emergencia para apoyar la docencia de asignaturas de corte metodológico en la FES Cuautitlán, así como valorar su uso y estructura.

## Estrategia de enseñanza en apoyo a la docencia bajo la modalidad Educación Remota de Emergencia

Con la intención de atender la educación de los estudiantes bajo condiciones prevalecientes por la pandemia del COVID 19, se elaboró una estrategia de enseñanza empleando los recursos tecnológicos de los que se disponía y con ello considerar las necesidades de aprendizaje para los estudiantes y enseñanza de parte del profesorado. Para la planificación de la estrategia de enseñanza se empleó el modelo de diseño instruccional interactivo ADDIE, que incluye la valoración de necesidades, el desarrollo, la evaluación, la implementación y el mantenimiento de materiales claros y efectivos, que ayudan al alumno a desarrollar la capacidad para lograr la adquisición de conocimientos.

La estructura de la estrategia se integra de tres componentes que posibilitan la comunicación síncrona y asíncrona para facilitar la enseñanza virtual. Los tres componentes empleados refieren a:

a) una “página web”, la cual fue diseñada y creada para funcionar como espacio de enseñanza online, así como para administrar, distribuir y controlar las actividades de formación no presencial. Su diseño está orientado para favorecer la comunicación asíncrona y como soporte para albergar el material educativo a usar por el profesor para su clase. (Figura 1)

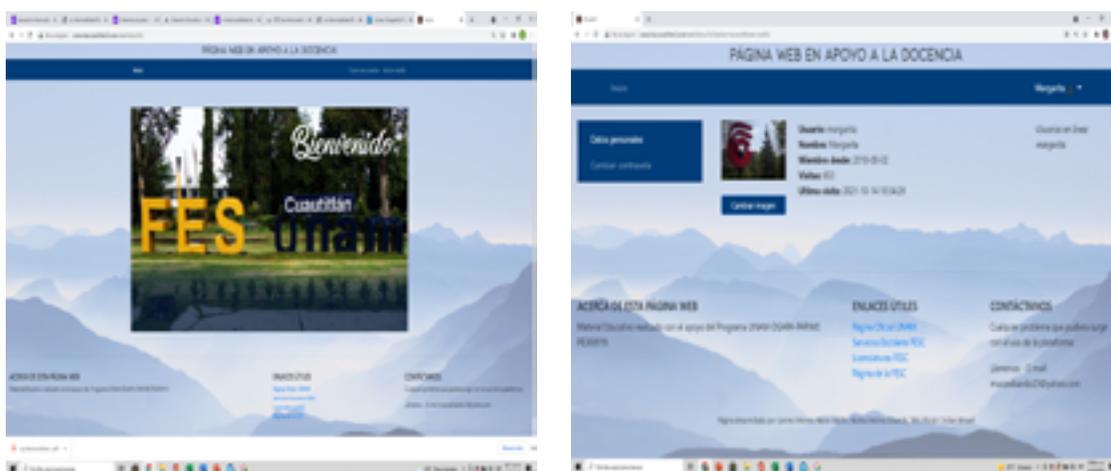


Figura 1. Portada de la página web y la página de acceso.

Es sencilla su operatividad, permite el acceso al usuario-profesor como el administrador de la página, siendo el responsable de su control en cuanto a administrar tiempos, dotar de los materiales educativos, diseño de actividades, así como regular las actividades del estudiante por sesión de clase, por subtema o tema, de entrega de trabajos y ejecución de actividades, lo cual facilita la evaluación del desempeño de los alumnos. El estudiante es el -usuario base- que ingresa por medio de un registro que le permite hacer uso de la “pagina web”, es decir consultar o bajar el material educativo, así como subir tareas y trabajos de todo tipo de material multimedia, además de consultar la calificación de sus trabajos. La accesibilidad puede ser desde cualquier dispositivo actual (teléfono inteligente, tablet, computadora) lo único que se requiere es disponer de internet y de un dispositivo. Figura 2 y 3.

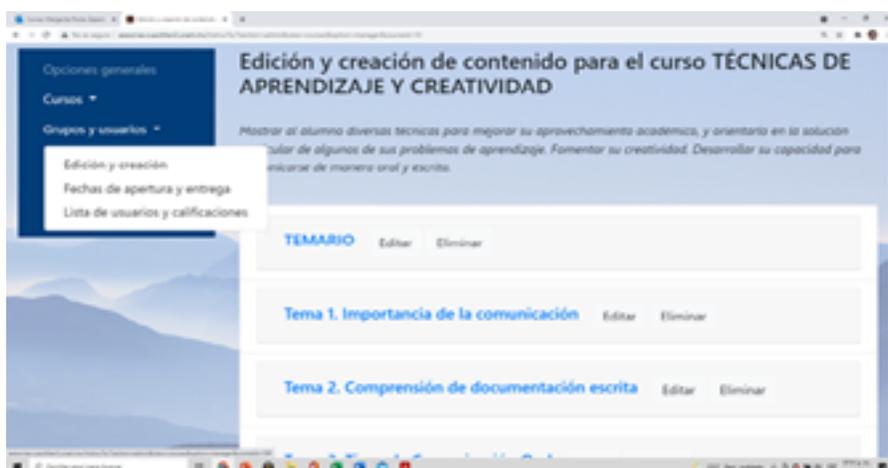


Figura 2. Opciones de manejo de los recursos educativos a los que tienen acceso los estudiantes en la página web

**b)** una “plataforma Zoom” se accedió por medio del Sistema de Aulas Virtuales y Ambientes Educativos de la Universidad; cuya función en la estrategia es ser el medio para impartir la clase de forma virtual y síncrona, permitiendo la comunicación en vivo a través de vídeo, audio y chats entre los estudiantes y el profesor.

**c)** los “materiales de estudio y actividades didácticas” elaboradas de acuerdo con el temario de las asignaturas de corte metodológico a impartir. Dicho material educativo, consistió en el diseño y preparación de presentaciones electrónicas, elección de lecturas de apoyo, diseño de actividades para realizar de manera síncrona y asíncrona con la finalidad de fortalecer el aprendizaje de los estudiantes.

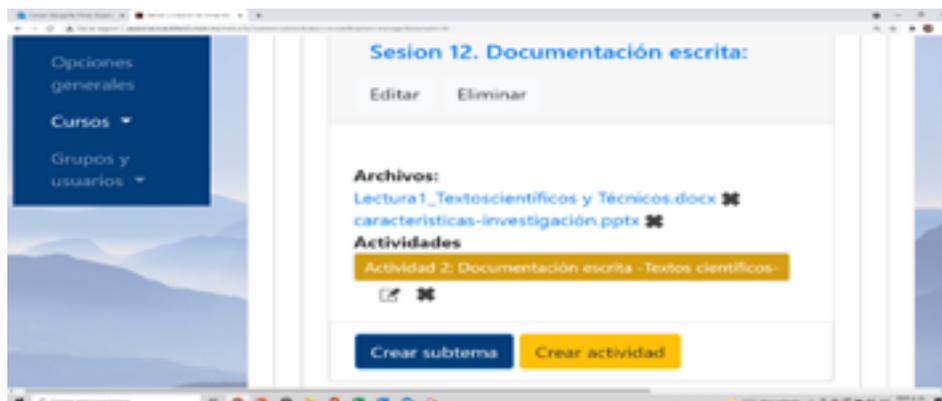


Figura 3. Recursos educativos y actividades a los que tienen acceso los estudiantes en la página web

Con la interacción de los tres componentes se busca lograr una adecuada capacidad de interactuar como ya se mencionó de manera síncrona y asíncrona con los estudiantes constituyendo un sistema de enseñanza diseñado para crear y gestionar espacios de aprendizaje online adaptados a las nuevas necesidades educativas para así poder transitar de una educación presencial a una Educación Remota de Emergencia, usando las modalidades en línea y virtual.

## Resultados

Con la finalidad de conocer si los medios de comunicación utilizados en la estrategia de enseñanza habían sido adecuados y cuál de ellos había sido de su preferencia, al respecto el 59% de los estudiantes encuestados prefirieron el uso del aula por medio de Zoom, señalando como principal razón el permitirles tener contacto visual y auditivo (comunicación síncrona); el 40% prefirió la página web, dado que favoreció la comunicación de manera complementaria (asíncrona) y el restante 1% no opinó. (Tabla 1)

Tabla 1. Preferencia de los medios de comunicación alumno-profesor usados en la estrategia de enseñanza

ELEMENTO	NIVEL DE PREFERENCIA
Aula virtual	59%
Página web	40%
No opinaron	1%

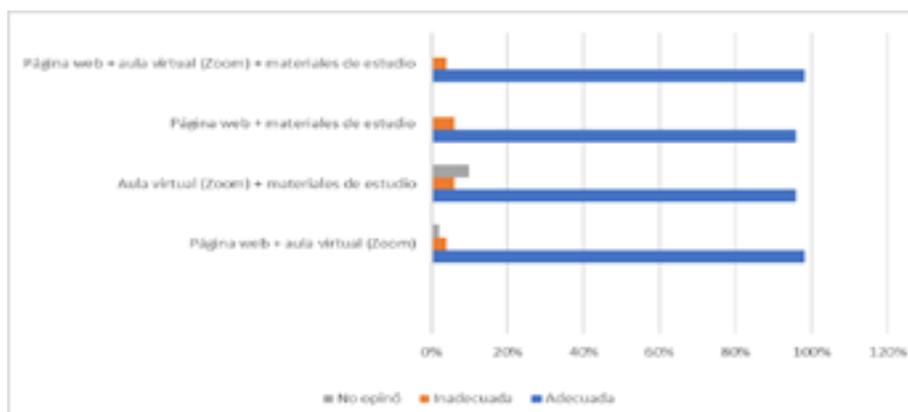
En opinión de los estudiantes los tres componentes de la estrategia de enseñanza en apoyo al curso fueron útiles casi en la misma proporción, sobresaliendo mínimamente la página web, ya que para el 91% de los encuestados fue útil al disponer de información del curso en cualquier momento, así como la facilidad para la entrega de tareas y trabajos. Fue seguida del aula virtual (88%) ya que les permitió tomar clases, además de favorecer la interacción visual y auditiva entre los integrantes del grupo, lo cual propició acercamiento y empatía en clase y, finalmente los materiales de estudio (87%) por haberles ayudado a estudiar y tener lecturas complementarias que fortalecieron su aprendizaje.

Tabla 2. Grado de utilidad de los componentes constituyentes de la estrategia de enseñanza

ELEMENTO	ÚTIL	POCO ÚTIL	NO OPINARON
Aula virtual	88%	10%	2%
Página web	91 %	6%	3%
Materiales de estudio	87%	9%	4

Con la intención de conocer la complementariedad de los tres elementos que conforman la estrategia de enseñanza propuesta bajo la modalidad de Educación Remota de Emergencia, se les cuestiono a los alumnos sobre la combinación de las mismas, al respecto se encontró que de las cuatro posibles combinaciones planteadas, la que en su opinión se complementó mejor fue la que contenía los tres componentes de la estrategia de enseñanza propuesta, es decir, Página web + aula virtual (Zoom) + materiales de estudio. (Gráfica 1)

Gráfica 1. Grado de complementariedad de los tres elementos que conforman la estrategia de enseñanza



## Conclusiones

La implementación de la propuesta de la estrategia de enseñanza en apoyo la docencia bajo la modalidad de ERE como una alternativa educativa debida a las circunstancias de crisis, fue ampliamente aceptada de parte de los estudiantes en cuanto a su utilidad, estructura, y complementariedad de los tres elementos que la conforman. De acuerdo con la evaluación realizada, se constató que su estructura fue apropiada para favorecer la interacción alumno - profesor a través de las herramientas empleadas para establecer comunicación síncrona y asíncrona.

Se concluye que la estrategia de enseñanza propuesta fue ampliamente aceptada y cumple con los requisitos para ofrecer educación bajo las nuevas circunstancias educativas, en virtud de que se caracterizó por ofrecer una respuesta rápida y temporal de apoyo a la continuación de la formación escolarizada ante la situación de crisis, disponiendo de los recursos e infraestructura para con ello favorecer el proceso educativo, flexibilizando la adaptación de métodos y el uso de herramientas tecnológicas para impartir clases virtuales a los estudiantes. De esta manera se constata que se trata de una enseñanza bajo el nuevo enfoque de ERE.

Con el uso de la estrategia de enseñanza en apoyo la docencia bajo la modalidad de ERE, los estudiantes fueron en parte los responsables de tomar decisiones sobre el tiempo dedicado a su aprendizaje, así como de los espacios de estudio y los medios de comunicación para ello. En cambio, los profesores tuvieron la flexibilidad para dar el enfoque didáctico a su asignatura, a elegir las actividades y materiales educativos acordes a los contenidos del curso, lo cual posibilitó el aprendizaje de los alumnos.

Se destaca el hecho de que el diseño de la estrategia de enseñanza permitió trasladar los cursos que se habían estado impartiendo presencialmente a un aula remota, tomando en consideración las carencias de infraestructura que en ese momento se tenían como fue la ausencia de una plataforma virtual que tuviera los elementos importantes para la enseñanza (las actividades y los recursos) y que permitiera la comunicación efectiva con la idea de atender la docencia bajo este nuevo contexto, para con ello evitar que los estudiantes dejaran las aulas y se pudiesen cumplir los objetivos de aprendizaje indicados en los Planes y Programas de Estudio de las asignaturas de corte metodológico que se imparten en la FES Cuautitlán.

## Agradecimientos

La autora agradece a la UNAM-DGAPA por el financiamiento del proyecto PAPIME: PE300919 que permitió el desarrollo del presente estudio.



## Referencias

- Concheiro, L. (2020). Respuestas de las Instituciones Públicas de Educación Superior en México para enfrentar la crisis del COVID-19. [http://www.anuies.mx/media/docs/avisos/pdf/200417115709VF\\_ACCIONES\\_SES\\_COVID\\_19\\_ANUIES.pdf](http://www.anuies.mx/media/docs/avisos/pdf/200417115709VF_ACCIONES_SES_COVID_19_ANUIES.pdf)
- Hoodges, C. Moore, S. Lockee, B. Trust, T. & Bond, A. (2020). The Difference Between Emergency Remote Teaching and Online Learning. EDUCASE Review. <https://er.educase.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning>
- Eachempati, P. & Ramnarayan, K. (2020) Covidio-pedago-phobia. Med Educ 54(8), 678-680, <https://doi.org/10.1111/medu.14257>
- Ibáñez Fernanda (2020). Educación en línea, Virtual, a Distancia y Remota de Emergencia, ¿cuáles son sus características y diferencias? Observatorio educativo. Tecnológico de Monterrey. <https://observatorio.tec.mx/edu-news/diferencias-educacion-online-virtual-a-distancia-remota>
- Tarasow, F. (2010) “¿De la educación a distancia a la educación en línea? ¿Continuidad o comienzo?”. En Diseño de Intervenciones Educativas en Línea, Carrera de Especialización en Educación y Nuevas Tecnologías. PENT, Flacso Argentina. <http://www.pent.org.ar/institucional/publicaciones/educacion-distancia-educacion-linea-continuidad-comienzo>
- DeVaney, J. Shimshon, G. Rascoff, M. & Maggioncalda, J. (2020). How can universities adapt during COVID-19? A guide for universities to build and scale online learning programs. Whitepaper. Coursera/Times Higher Education. <https://www.timeshighereducation.com/hub/coursera/p/how-can-universities-adapt-during-covid-19>
- Sánchez-Mendiola, M. Ana M. del Pilar Martínez Hernández, Ruth Torres Carrasco, Mercedes de Agüero Servín, Alan K. Hernández Romo, Mario A. Benavides Lara, Carlos A. Jaimes Vergara, Víctor J. Rendón Cazales. (2020). Retos educativos durante la pandemia COVID-19: una encuesta a profesores de la UNAM, Revista Digital Universitaria, 21(3). [https://www.revista.unam.mx/2020v21n3/retos\\_educativos\\_durante\\_la\\_pandemia\\_de\\_covid\\_19\\_una\\_encuesta\\_a\\_profesores\\_de\\_la\\_unam/](https://www.revista.unam.mx/2020v21n3/retos_educativos_durante_la_pandemia_de_covid_19_una_encuesta_a_profesores_de_la_unam/)

# DIDÁCTICA: ADQUISICIÓN DE COMPETENCIAS EN EL USO DE LAS TIC APLICADAS A LA ENSEÑANZA



*Angulo Romero Rosa María Teresa*

Universidad de Guanajuato [tangulo@ugto.mx](mailto:tangulo@ugto.mx)



## Resumen

El confinamiento generado por el SARS-Cov-2, Síndrome respiratorio agudo grave, obligó a las instituciones educativas a cerrar sus puertas y las clases presenciales tienen que ser impartidas de manera virtual. Por vez primera los profesores se tienen que enfrentar a la tarea de diseñar los cursos con sustentos teórico, metodológico, didáctico sólidos pero además incorporando las Tic's a la educación. El objetivo del presente trabajo es presentar los resultados de una propuesta de innovación titulada: Una didáctica para la adquisición de competencias en el uso de las TIC aplicadas a la enseñanza. La secuencia didáctica de innovación se aplicó a 19 estudiantes universitarios utilizando la plataforma Moodle. Por medio de esta plataforma es posible mantener un contacto constante con los estudiantes. Se diseñó un aula virtual, en donde es posible a través de diversas herramientas, configurar actividades y subir recursos para cumplir con los aprendizajes, o competencias de un curso, según el diseño de enseñanza. De la misma manera, es posible configurar las calificaciones, editar y llevar registros puntuales de cada actividad realizada tanto por el maestro como por los estudiantes. El sustento metodológico-didáctico remite a la evolución de los modelos educativos desde la Educación 1.0 hasta la 4.0.

La aplicación de la didáctica se desarrolló en Aula virtual a través de la plataforma Moodle, se registraron cada uno de las fases de la secuencia didáctica para documentar la transición educación 1.0 a educación 4.0. Los resultados obtenidos indican que al resultar significativo el progreso en el ámbito tecnológico, se fortalece el interés y la motivación; igualmente una planeación flexible, sustentada en principios pedagógico-didácticos y actividades sincrónicas y asíncronas; herramientas complementarias como videoclases por Zoom, además del contacto directo vía whats'app, correo electrónico favorecen el acercamiento. Los estudiantes manifestaron sentirse cómodos al saber quién está del otro lado de la pantalla, cuando sienten confianza para preguntar, resolver alguna duda.

Utilizar el aula virtual ha sido una experiencia significativa enriquecedora, tanto para los estudiantes como para mí como profesional de la educación en tiempos de confinamiento: facilita los procesos de inscripción, registro de asistencia, entrega de calificaciones, el contacto con los estudiantes y lo más trascendente: No se interrumpió la formación de los alumnos. La tecnología como apoyo a la docencia puede ayudar a disminuir la reprobación y la deserción.

**Palabras clave:** Didáctica, Tecnologías digitales, Plataforma Moodle, Educación virtual, Covid-19

---

## Antecedentes

Como profesora universitaria, comencé a impartir clases de manera híbrida en el año 2016. Es relevante mencionar la resistencia tanto de algunas autoridades, docentes e incluso de los estudiantes a tomar clases de manera no presencial y mediada por la tecnología. Afirmaban que no se aprende, que esa modalidad correspondía a personas excluidas del sistema, a personas con bajo rendimiento académico, o aquéllas que no podían estudiar porque tenían que trabajar. En lo personal observaba cierto descono-

cimiento del tema, desinterés, o simplemente dificultad para desenvolverse en un ambiente digital. Además del poco o nulo apoyo tanto académico como administrativo. La intervención que llevé a cabo y presento en este trabajo la realicé en la Unidad de aprendizaje (Uda): Planeación de la enseñanza y evaluación del aprendizaje. La especialidad es en lengua y Literatura. Me interesaba sobremanera involucrar a los estudiantes de la licenciatura en Letras Españolas en aspectos relacionados con las Tecnología de la Información y la Comunicación, desde un punto de vista educativo y formativo. Así que después de insistir, las autoridades del departamento autorizaron impartir un 40% del tiempo de forma digital. Hubo críticas, hubo tropiezos, interrupciones de internet etc. etc. etc. No desistí, 2017, 2018, 2019 trabajando de manera híbrida hasta que, en el año 2020 en el mes de marzo, el día 20 de marzo para ser exacta Esteban Moctezuma Barragán, Secretario de Educación Pública (El Universal, 2020) informó la suspensión de actividades presenciales en las escuelas debido a una declaratoria de pandemia provocada por el SARS-Cov-2. Terminé el semestre enero-junio 2020 de manera virtual, sin problemas. Dio comienzo el semestre julio-agosto-2020 y continué mis actividades académicas sin contratiempos. Los alumnos tampoco reportaron inconvenientes con la nueva modalidad de hecho, manifestaron sentirse cómodos por la flexibilidad, las actividades sincrónicas y las asincrónicas, la inmediatez para comunicarse, las plataformas disponibles, la bibliografía digitalizada etc.

### ***¿Qué me causaba inquietud?***

Aunque como mencioné con antelación, ya había impartido clases de manera híbrida, no tenía muy claro de qué manera iba a motivar a los estudiantes. Escuchaba frecuentemente a mis colegas afirmar que había desánimo, los estudiantes estaban desmotivados ante la situación de confinamiento, y no estaban muy dispuestos a familiarizarse con los dispositivos, o inclusive no tenían ni profesores ni estudiantes un equipo o sistema para conectarse. La asignatura representaba para mí una oportunidad de actualización. El currículum no incluía la modalidad a distancia, se debían hacer adecuaciones metodológico-didácticas a la Unidad de aprendizaje. Era inminente una adaptación, una migración a la digitalización.

*¿Pero cómo enfrentarla?*

## **Objetivo**

El objetivo del presente trabajo es presentar los resultados de una propuesta de innovación titulada: Una didáctica para la adquisición de competencias en el uso de las TIC aplicadas a la enseñanza.

## **Diseño conceptual y metodológico**

### ***Contextualización Revolución 4.0***

La Cuarta Revolución Industrial está cambiando todo, desde la forma en cómo nos relacionamos entre nosotros, la forma en cómo funcionan nuestras economías, hasta lo que significa ser humano». Son palabras de Klaus Schwab, Presidente del Foro Económico Mundial (WEF, por sus siglas en inglés), que se pueden leer en su libro *Shaping the Fourth Industrial Revolution*. Schwab, al inaugurar esta semana la edición 48 de la Reunión Anual del WEF en Davos, Suiza, señaló que, para resolver los grandes asuntos globales, se necesitan “esfuerzos de colaboración. (Gobierno de México, 2011).

La revolución industrial es un término que engloba el conjunto de cambios económicos, tecnológicos y sociales que transforman la sociedad. Las primeras tres ocurrieron entre el siglo XVIII y mediados del siglo XX, la cuarta revolución industrial también conocida como industria 4.0 la estamos viviendo hoy en día. Aunque el origen de la Revolución industrial se ubica en la industria tiene repercusiones e impactos sociales y por ende en la educación. (Hannover Messe, 2019).

La digitalización es una pieza indispensable para la competitividad en el siglo XXI. La revolución 4.0 sostiene que una transformación digital exitosa descansa en tres factores clave: la velocidad, la capacidad de respuesta y la agilidad.

Con los antecedentes anteriores decidí sustentar la intervención en la relación Educación (pedagogía-didáctica) y Web (técnica aplicada a la pedagogía), a través de cuatro etapas:

### **Educación 1.0 y Web 1.0**

La [educación](#) 1.0 es un [proceso](#) unidireccional en su mayor parte, en donde los alumnos adquieren la [información](#) generalmente de manera pasiva proporcionada por los [docentes](#), lo que induce al estudio individual. Trabajan sus contenidos a través de apuntes, artículos, [libros](#) de [texto](#), vídeos y, en los últimos tiempos, la web.

### Educación 2.0 y Web 2.0

2.0, tiene como centro: [el trabajo](#) colaborativo y la creación de [conocimiento](#) social (Haro, 2007, Citado en Rosique).

### Educación 3.0 y web 3.0

Web 3.0 se orienta hacia la búsqueda de un Internet más inteligente, basada en lo que se conoce como Web [Semántica](#) (SemWeb): (Rosique, R. 2010)

La Educación 4.0 para Toro “la Educación 4.0 no es un modelo. Es un error pensar que se refiere a un nuevo modelo educativo. En realidad, se trata de la aplicación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones a la educación para poder preparar a la gente para la 4RI. Hablamos de un facilitador del aprendizaje.” (Toro, J. 2019). Por su parte Covadonga sostiene: “Esta etapa 4.0 se recrea sobre una web más inteligente y predictiva, que experimentará con tecnologías de voz (*speech to text*), sistemas de comunicación máquina a máquina (M2M) y huellas digitales del usuario (localización, estado anímico, biorritmos, emociones, reacciones). Propone la siguiente caracterización:

El modelo de educación 4.0,... se caracteriza porque 1) pone el foco del interés en la cooperación y en la interacción, entendidos como pilares de los procesos de enseñanza aprendizaje, entre profesor y alumno o entre los propios alumnos; 2) incorpora el aprendizaje activo, vinculado al análisis de la toma de decisiones y el pensamiento estratégico por parte de estudiantes; 3) explora elementos de juego y creación de entornos de aprendizaje reales, con contenidos y usos transversales; 4) se apoya en el uso de las herramientas TIC, tanto para el acceso, la organización, creación, la difusión de contenidos como para la intercomunicación multidireccional y multisoporte; 5) aborda el aprendizaje de competencias, generando conocimiento válido y aplicable a la resolución de problemas reales; y 6) redefine la evaluación sobre la adquisición de un conocimiento integrado, al igual que por el desarrollo de competencias,

en un continuo proceso de revisión y *feed-back* para una mejora sostenible en el aprendizaje. (Covadonga de la Iglesia, M. 2019).

Los cambios tecnológicos avanzan vertiginosamente. La educación requiere transformarse para dar respuesta a los nuevos planteamientos y pertinencia en la formación de profesionales e investigadores que apliquen de forma innovadora el conocimiento. En resumen, los cambios experimentado: de la educación 1.0 unidireccional, a la 2.0 bidireccional; para alcanzar cierta autonomía sobre el contenido en la educación 3.0. Ahora bien, la Educación 4.0 se basa en las principales tendencias de innovación y cambio. Los aprendizajes de la revolución 4.0 se centran en las competencias del XXI.

### **La implementación**

Cuando regresamos a clases en julio del año 2020, me di a la tarea de identificar en qué estadio o etapa del modelo se encontraban los estudiantes.

El Modelo 1.0 corresponde al manejo elemental de programas y apps digitales, (correo electrónico, excell, word, power point, documentos de Google, etc.) No cambios funcionales en la forma de trabajar, se sustituye el papel y el lápiz por un dispositivo, pero se sigue trabajando de manera tradicional: enseñanza en una sola dirección.

El Modelo 2.0 Corresponde a un modelo bidireccional, en donde los estudiantes obtienen dominio de programas un poco más sofisticados, (Google photos, ibooks, drop box, you tube, etc.)

El modelo 3.0 representa el aprendizaje autodirigido, un rediseño en el uso de las Tic (uso de plataformas educativas, blogs, Edmodo, blackboard, Moodle, etc).

El modelo 4.0 Centrado en competencias, crean, producen sus propios trabajos, videos, podcast, etc.

Considero que la propuesta responde tanto a la situación planteada como a la situación de emergencia que obligó al confinamiento y cambió las rutinas de clases presenciales e híbridas, ya que provocó el cambio a una modalidad emergente totalmente virtual

El carácter innovador se localiza en la elaboración de una secuencia didáctica, la cual permite la identificación de los estadios, el seguimiento, y el apoyo que se les puede brindar a los estudiantes para que, además de la asignatura, desarrollen las habilidades digitales sin tener conocimiento amplio de la digitalización.

## Integración pedagógica-didáctica del aula virtual y nivel de dominio de la plataforma

### *Resultados de aprendizaje esperados*

Aprendizajes técnicos: Manejo de la plataforma Moodle, se realizó y aplicó el diseño de un aula virtual para impartir la materia Planeación de la Enseñanza y Evaluación del Aprendizaje.

Conocimientos: Disciplinarios en planeación de la enseñanza y evaluación del aprendizaje

1. Comprensión histórica de las literaturas en lengua española.
2. Capacidad de relación de la literatura con los enfoques teórico-poéticos.
3. Investigación, análisis, interpretación y crítica de textos literarios en el marco de la historia del pensamiento.
4. Lectura crítica y producción de textos creativos, expositivos e informativos.
5. Comprensión de la lengua española.

Habilidades: Guiar grupos de aprendizaje diversos en lengua española y literaturas. Disponibilidad para aprender y actualizarse permanentemente.

(Plan de estudio de Letras Españolas, 2008)

La innovación consiste en la migración de una clase híbrida a una clase 100% virtual, de manera que los estudiantes desarrollen las habilidades para guiar grupos diversos en Lengua y Literatura con apoyos Tic y digitales.

Resultados de aprendizaje alcanzados:

Conocimientos disciplinarios, técnico, pedagógico, didáctico para el diseño de ambientes de aprendizaje, uso de las tecnologías de la información y la comunicación (Tic's). Y diseños de ambientes de aprendizaje (planeaciones) digitales utilizando la plataforma Moodle

Clasifico como intervención a la adquisición de conocimientos disciplinares, desarrollo de habilidades, tanto pedagógicos-didácticos, como de aplicación de las Tic's a la educación en la especialidad de Lengua y literatura y a la obtención de valores hacia la profesión, disciplina y ética tanto profesional como en el uso de las Tic's.

## Conocimientos disciplinares

1er. Momento se presentan la caracterización de la materia, los contenidos, estrategias, actividades, productos de aprendizaje esperados, así como los criterios de evaluación.

2º. Momento: Desarrollo de competencias para la planeación y el diseño de un programa de curso

3er. Momento: Desarrollo de competencias para la planeación de una clase específicamente de Literatura.

4º. Momento El alumno conoce las características de un diseño curricular

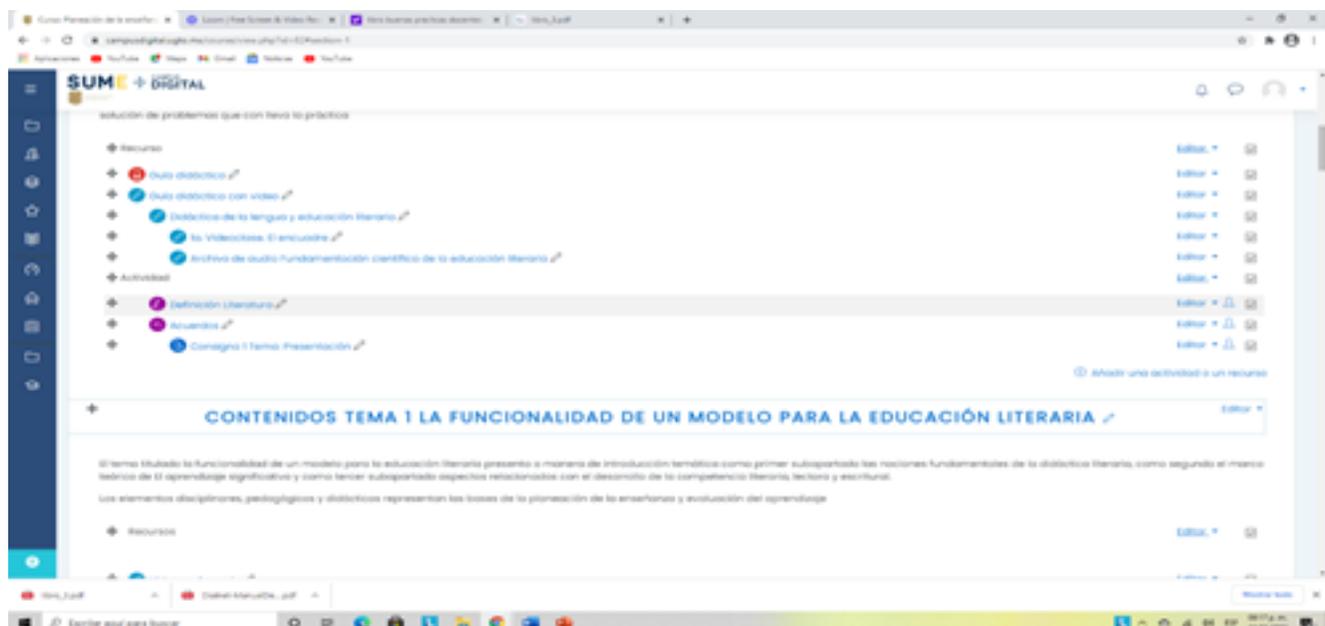
## Dominio tecnológico

Dominio tecnológico de acuerdo con los modelos de la educación 1.0, 2.0, 3.0, y 4.0, mencionados integrando contenidos disciplinares y procesos formativos, así como las evidencias.

Evidencias:

En la guía didáctica se refieren contenidos, actividades, cronograma, metodología y evaluación

1er nivel: conocimientos básicos tic



Sesión / Semana	Temática abordada	Actividad / Evaluación
1. Ago 08-09	Introducción	Presentación del curso literario
2. Ago 15-17	<b>Tema 1</b> La funcionalidad de un modelo para la educación literaria	Actividad: Sesión, video-conferencia
3. Sep 05-07	1.1 De la enseñanza de la literatura a la educación literaria	Actividades, e-portfolio literario
4. Sep 12-14	1.2 Los modelos literarios	Video-conferencia
5. Sep 19-21	<b>Tema 2</b> Planificación y diseño de un programa de curso sobre el fenómeno literario	Actividad: Sesión, actividades, e-portfolio
6. Sep 26-28	2.1 Planificación literaria	Ejercicios literarios, planearción
7. Sep 29-30	2.2 Planificación didáctica	Actividad: Sesión, actividades, e-portfolio
8. Oct 06-08	2.3 Evaluación	Ejercicios literarios, planearción
9. Oct 13-15 (Tema 2)	<b>2ª evaluación parcial</b>	Exámenes
10. Oct 20-22	<b>Tema 3</b> Planificación y diseño de una clase de literatura	Actividad: Sesión, actividades, e-portfolio
11. Oct 27-29	3.1 Metodología didáctica de la planificación y diseño de clase	Ejercicios literarios, planearción
12. Nov 03-05	3.2 Metodología, técnicas y estrategias de enseñanza-aprendizaje para la literatura	Actividad: Sesión, actividades, e-portfolio
13. Nov 10-12 (Tema 3)	<b>3ª evaluación parcial</b>	Exámenes
14. Nov 17-19	<b>Tema 4</b> Diseño e innovación curricular para la enseñanza literaria	
15. Nov 24-26	4.1 Teoría y técnicas del diseño curricular y su aplicación para la enseñanza literaria	Actividad: Sesión, actividades, e-portfolio
16. Dic 01-03	4.2 Carta docente y Unidad de aprendizaje para la literatura	Ejercicios, Diseño de UAs
17. Diciembre	Evaluación final	Exámenes finales (US4)

Se presentan los recursos del tema una evaluación diagnóstica en línea, un foro y un chat

**CONTENIDOS TEMA 1 LA FUNCIONALIDAD DE UN MODELO PARA LA EDUCACIÓN LITERARIA**

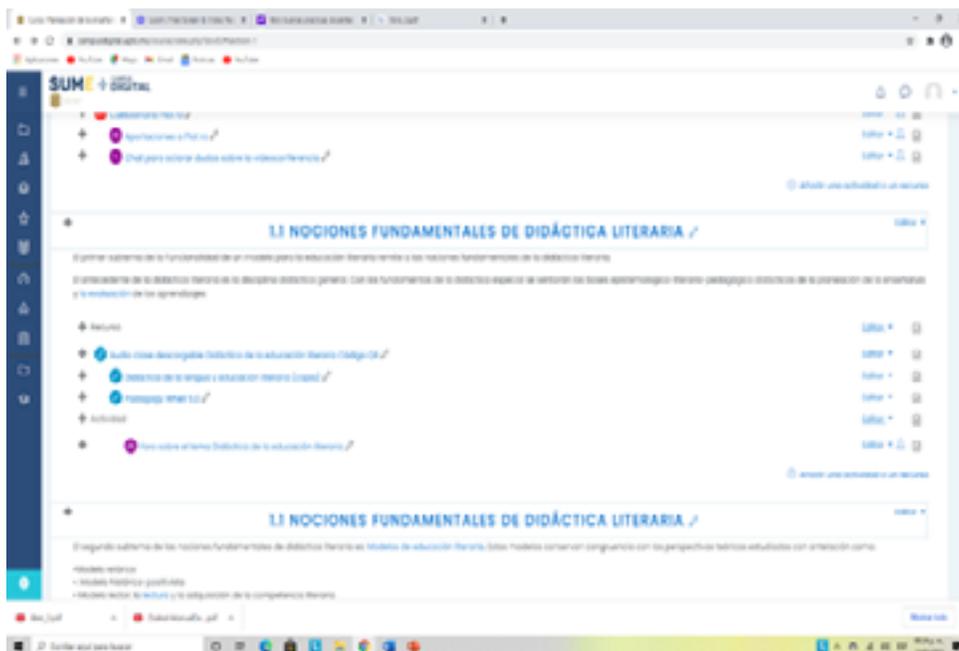
El tema 1 aborda la funcionalidad de un modelo para la educación literaria, presentando un modelo de intervención didáctica como primer y subyacente los principios fundamentales de la didáctica literaria, como seguir un modelo teórico de la aprendizaje significativa y como tener subyacente aspectos relacionados con el desarrollo de la competencia literaria, técnica y estética.

Los elementos de género, pedagógico y didáctico representan los bases de la planeación de la enseñanza y evaluación del aprendizaje.

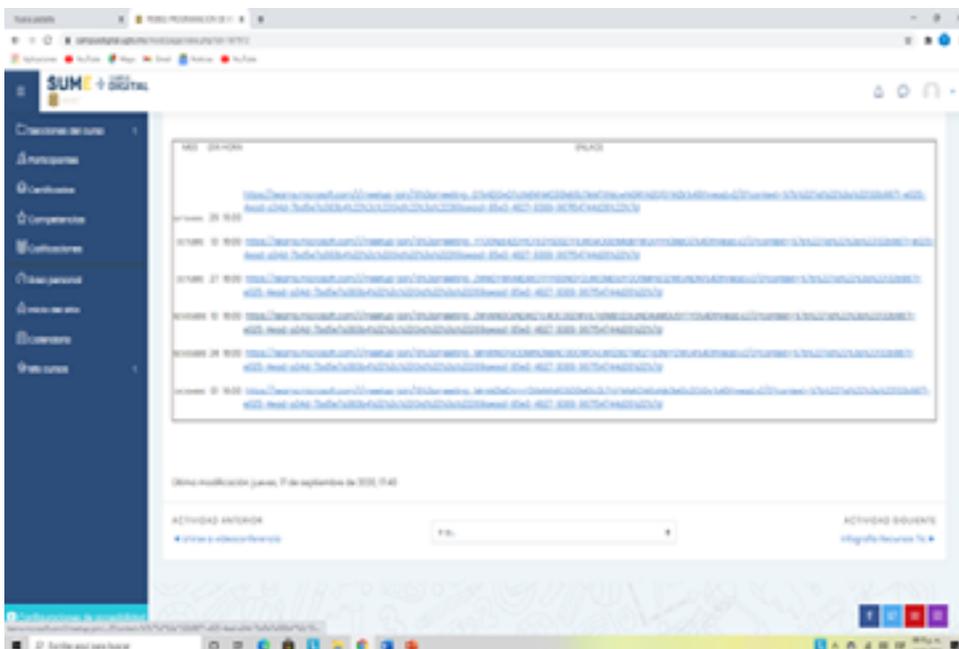
- Presentación
- Introducción
- Un modelo de aprendizaje significativa
- Metodología de enseñanza para la promoción de aprendizajes significativos
- Plan de escritura y cuestionario diagnóstico
- Actividades
- Cuestionario Parcial
- Aplicaciones a Plan de
- Modelo para enseñar sobre el fenómeno literario

**1.1 NOCIONES FUNDAMENTALES DE DIDÁCTICA LITERARIA**

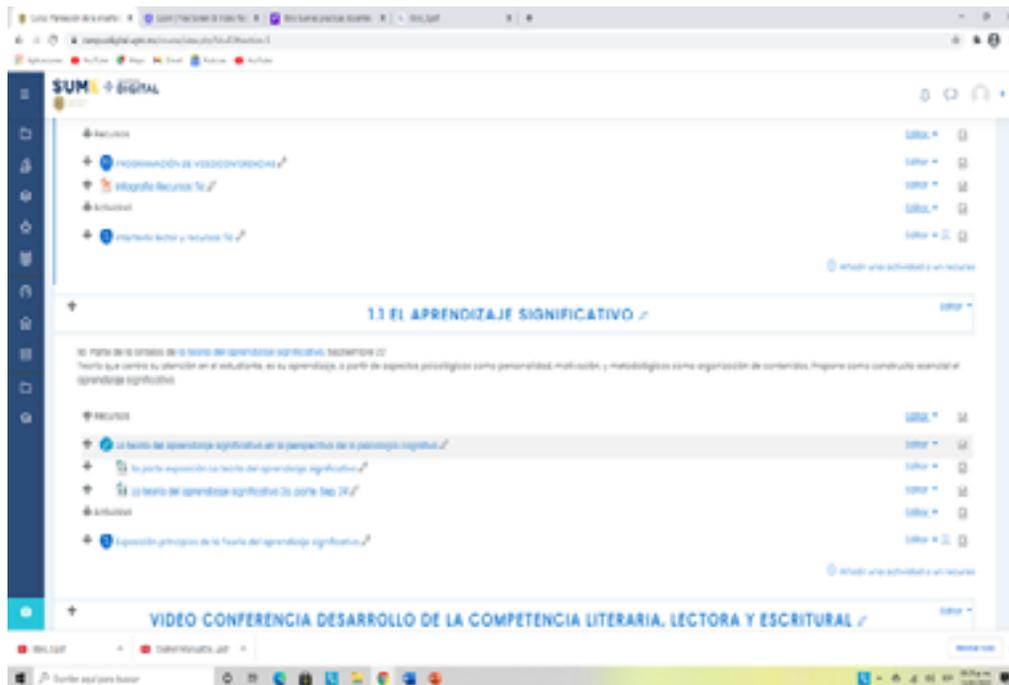
Se suben recursos, audioclase descargable con código QR y foro de participación. Nivel 2



Programación de videoconferencias

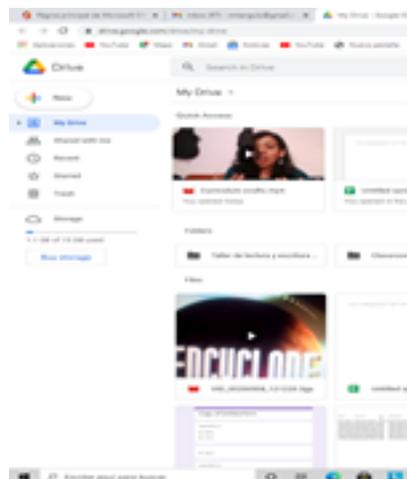


y tarea



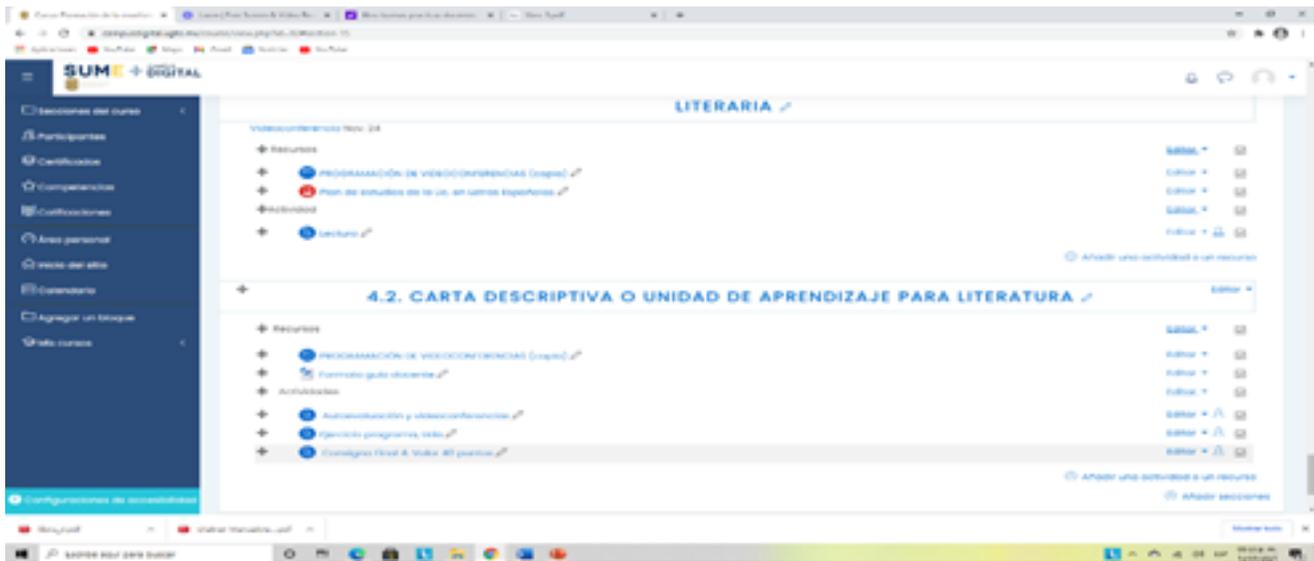
Nivel 3

Link Video: <https://drive.google.com/file/d/1Xw5npsaVDxIO44XcBeAZ4zwWvs-n6liXe/view?usp=sharing>



Nivel 4

Carta descriptiva



Trabajo final

lenguaje nativo español / literarios

**UNIDAD DIDÁCTICA: ORACIÓN VERBAL**

Unidad temática o bloque: Oración verbal

Unidad asociada para el tratamiento de contenidos: NO. DE HORAS: 20.00

Competencia o aprendizajes esperados: Comprender, analizar y registrar los usos del lenguaje que han originado o se originan en la vida cotidiana, o en razón de un determinado tipo de texto.

Actividad o actividades:

CONTENIDOS (temas y subtemas)	OBJETIVOS (de aprendizaje esperados) Actividades		MATERIALES y recursos educativos	EVALUACIÓN
<p><b>1. Lengua</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Qué es el lenguaje?</li> <li>¿Cómo se relaciona el lenguaje con la comunicación?</li> <li>¿Cómo se relaciona el lenguaje con la cultura?</li> </ul>	<p>Analizar y evaluar los usos del lenguaje en la vida cotidiana.</p> <p>Registrar los usos del lenguaje en la vida cotidiana.</p>	<p>Comprender y analizar los usos del lenguaje en la vida cotidiana.</p> <p>Registrar los usos del lenguaje en la vida cotidiana.</p>	<p>Libros de texto y materiales de una definición sobre lenguaje, lengua, idioma y dialecto en plataformas como:</p> <p>Foros, blogs, videos, redes sociales, etc.</p> <p>Recursos educativos en línea.</p>	<p>Analizar los usos del lenguaje en la vida cotidiana.</p> <p>Registrar los usos del lenguaje en la vida cotidiana.</p>
<p><b>2. Gramática</b></p> <p>¿Cómo se relaciona la gramática con el lenguaje?</p>	<p>Analizar y evaluar los usos del lenguaje en la vida cotidiana.</p> <p>Registrar los usos del lenguaje en la vida cotidiana.</p>	<p>Comprender y analizar los usos del lenguaje en la vida cotidiana.</p> <p>Registrar los usos del lenguaje en la vida cotidiana.</p>	<p>Libros de texto y materiales de una definición sobre gramática, morfología y sintaxis.</p> <p>Recursos educativos en línea.</p>	<p>Analizar los usos del lenguaje en la vida cotidiana.</p> <p>Registrar los usos del lenguaje en la vida cotidiana.</p>
<p><b>3. Funciones del lenguaje</b></p>	<p>Analizar y evaluar los usos del lenguaje en la vida cotidiana.</p> <p>Registrar los usos del lenguaje en la vida cotidiana.</p>	<p>Comprender y analizar los usos del lenguaje en la vida cotidiana.</p> <p>Registrar los usos del lenguaje en la vida cotidiana.</p>	<p>Libros de texto y materiales de una definición sobre funciones del lenguaje.</p> <p>Recursos educativos en línea.</p>	<p>Analizar los usos del lenguaje en la vida cotidiana.</p> <p>Registrar los usos del lenguaje en la vida cotidiana.</p>

Autoevaluación



## Resultados y discusión

El resultado de la intervención consiste en el impacto que tiene el uso de la plataforma a través de una planeación flexible, el diseño de actividades guiadas, pertinentes y estructuradas para la adquisición de los conceptos teóricos, el desarrollo de la capacidad para la promoción de aprendizajes en lengua y literatura, así como el dominio de la plataforma para continuar con los estudios, en este caso universitarios.

Al identificar como profesora la distinción entre el ámbito disciplinario-pedagógico-didáctico y el tecnológico se favorece una planeación flexible sin demeritar la calidad del aprendizaje. El primero refiere a los contenidos teóricos o competencias disciplinares, el segundo al diseño de la enseñanza, (competencias) y aspectos de planeación tomando en consideración: la ubicación de la Uda en el diseño curricular (PELE, 2008) de la licenciatura, si se trata de una unidad teórica, práctica o metodológica, competencias a desarrollar, sean éstas genéricas, específicas o disciplinares, conocimientos o contenidos disciplinares, la metodología didáctica, los criterios de evaluación, la bibliografía. Finalmente, el ámbito tecnológico alentado a los estudiantes al uso de las tecnologías de la información y la comunicación con fines educativos considerando aspectos técnicos y obstáculos que pudieran enfrentar; de ahí la necesidad de sistematizar los procesos de acercamiento para familiarizarlos con la Plataforma Moodle y el diseño de Aula virtual. De esta manera conservar su presencia en el curso y mantener la motivación a partir de los retos que representa cursar la Uda de manera virtual. Así, tomando como referencia la evolución de la educación 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 fue posible guiarlos de una manera didáctica, sistematizada, ordenada y motivada.

Quiero enfatizar la importancia de la distinción ya que por muchos recursos tecnológicos que se dispongan, si no se realiza una planeación didáctica disciplinaria, es improbable alcanzar los objetivos, o la adquisición de competencias en ambos ámbitos. Aún si los estudiantes tuvieran problemas de conectividad, gracias a la incorporación de actividades asíncronas, es posible descargar los materiales, trabajarlos en

el momento que sea conveniente para ellos y enviar las tareas por los medios disponibles. La flexibilidad implica analizar las circunstancias por las que pasan los estudiantes, máxime en estos momentos pandémicos. Exigir lo que no pueden cumplir y otorgarles un No cursó definitivamente va a ser frustrante. Diversas investigaciones (Madero, S. y Montes, J.L. 2019), (Madero, S. y Lozano, J. 2019), (Gómez, G. et al 2019), refieren el estrés a los que están sometidos por causa del confinamiento, lo cual provoca enfermedades como depresión. Sin embargo, flexibilidad no implica una educación de baja calidad. Es posible conservar estándares de calidad a través de una planeación y evaluación, la cual resumo:

En primer lugar, la guía didáctica. En este documento se explicitan de manera clara: la introducción la cual se realiza a través de un video, con el propósito de alentar a los estudiantes a elaborar sus propias producciones. No descuidar el aspecto de la mediación. En este caso se está preparando a los estudiantes para dar clases en nivel medio superior o básico, en el área de la lingüística y la literatura. La guía se sustenta en el programa de la Uda. Planeación de la enseñanza y evaluación del aprendizaje, por lo que los estudiantes aprenden aspectos teórico-pedagógico-metodológico-didácticos y se incorporan las Tic's al proceso educativo y de enseñanza-aprendizaje. El formato es totalmente digitalizado.

A continuación, se presentan los temas de manera sistemática de acuerdo con el cronograma, el contenido, las actividades, los recursos y el sistema de evaluación. Respecto a la evaluación, se les informa que se trata de un sistema que comprende una evaluación diagnóstica, la evaluación formativa, sumativa, procesual, heteroevaluación y autoevaluación. Se presentan los recursos del tema, una evaluación diagnóstica en línea, un foro y un chat.

A partir de la evaluación diagnóstica asíncrona se determina tanto el nivel de conocimientos disciplinarios como el del dominio de los recursos tecnológicos, Si el resultado arroja dominio deficiente se apoya a los estudiantes, a través de un chat el cual puede ser en tiempo real o asíncrono. De la misma manera se les solicita a los estudiantes que planteen sus dudas en el chat. Puede ser en tiempo real o asincrónicamente.

Se suben recursos a la plataforma: audioclase descargable con código QR. Se explica en qué consiste el Código QR, se define como "...la información está codificada dentro de un cuadrado, permitiendo almacenar gran cantidad de información alfanumérica." (Códigos QR) Y se invita a elaborar uno. Se abre un foro de participación.

Se sigue la secuencia del cronograma y se imparte Audio clase. En la plataforma se publica un esquema conceptual que se corresponde con el audio. Se les presenta una Programación de videoconferencias en Zoom y se explica cómo es posible lleva a cabo el proceso de programación que corresponde a todo el semestre.

Quisiera aclarar, que las video clases no son un sustituto de las clases presenciales. Las investigaciones realizadas por (Becerra, s. et al 2019), (Ortega, G. et al, 2019) referidas a la educación y al confinamiento reportan enfermedades relacionadas con este aislamiento y falta de contacto social tanto en estudiantes de nivel básico como de nivel medio superior o superior, como estrés, depresión por lo que no es recomendable permanecer muchas horas frente a la pantalla. Con ello en mente, las video clases funcionan para tener un contacto directo, aunque virtual, a través de la cámara y el micrófono. Esta estrategia es relevante porque los estudiantes manifiestan mayor confianza y sentimientos de empatía cuando pueden ver u oír a su profesor. El contacto humano es importante y si en este momento no es posible, se logra un acercamiento virtual. Después de la aclaración, se les muestra cómo elaborar la programación. Aprenden haciendo. En este punto a través de la video llamada, se les muestra cómo compartir pantalla. En la antesala de final del semestre se les pide elaborar un ensayo en línea y como trabajo final un video y un programa del nivel educativo que elijan e incluya los aspectos tecnológicos estudiados y aplicados.

### **Los cambios observados**

Los estudiantes mantuvieron el interés durante el semestre. Afirmaron sentirse cómodos con las video clases y los recursos que se les proporcionaron. Igualmente manifestaron que también desean regresar a clases presenciales, la comunicación cara a cara con el profesor se diluyó en la modalidad virtual, sin embargo, al escucharlo, o el verlo del otro lado de la pantalla y entablar comunicación directa el estrés disminuye.

Ahora bien, también se presentaron obstáculos con el manejo de la plataforma, el uso de ciertas herramientas y aplicaciones, por ejemplo, al registrarse para utilizar algún programa de video, o conferencia. De acuerdo a sus propias palabras: “Fue difícil, pero nada que no podamos solucionar”. Además, para una estudiante-docente (profesora de nivel básico), el desarrollar competencias digitales, era pertinente en este momento, donde en México se opera un programa denominado “Aprende en Casa”. Las clases dejaron de ser presenciales, como lo expuse al inicio del documento, todos

los niveles educativos tuvieron que aislarse y continuar la educación desde casa. Por supuesto que se mantuvo el interés al cursar la materia y aplicar los conocimientos, es decir, en todo momento la vinculación teoría-práctica estuvo presente. Considero un valor añadido a esta práctica innovadora.

## Conclusiones

Como docente, enfrentarme a una clase 100% virtual fue un reto. Para superar la situación el sustento teórico-metodológico favoreció la adquisición de competencias técnico-pedagógicas para impartir la Uda, Unidad de aprendizaje.

Acercarme a los procesos didácticos disciplinares de manera virtual, haciendo la clara distinción entre el conocimiento disciplinario, pedagógico, didáctico y el conocimiento del uso de las Tic'S aplicadas a la educación. Sin esta distinción es difícil alcanzar los objetivos, o lograr las metas propuestas, ya que la tecnología por muy avanzada que esté, o por excelentes que sean herramientas y equipos, no son garantía de aprendizaje. Conservar la comunicación, saber quién está detrás de la pantalla y que ellas igualmente saber quién es su profesora. Tener el conocimiento disciplinar y el haber impartido clases con antelación, realizar prácticas docentes aúlicas, (por supuesto, antes de que se decretara el confinamiento), hizo posible diseñar planeaciones, siempre teniendo presente la articulación teoría-práctica, pertinentes a los requerimientos actuales de los estudiantes, ya que, también son docentes en niveles básico y medio superior.

La evaluación implica juicios de valor. Los criterios de evaluación se presentaron desde el primer día de clases. Los cambios más representativos se ven reflejados en la no entrega por clase o semana de tareas que corresponderían a una forma tradicional de evaluación. Se les solicitó trabajos a partir de consignas, éstas debían realizarse incorporando los temas estudiados. La participación en Videoconferencias, podcast, foros, wikis, etc. Se aplicaron dos exámenes parciales y un final. Todos se realizaron de manera virtual: uno teórico (en plataforma), una reseña (presentación oral virtual), y dos ensayos (Video). (los parciales y final son requisito de la Universidad) pero yo tengo la libertad de elegir los formatos.

Finamente la evidencia de intervención remite a los logros obtenidos por los estudiantes, con limitaciones como adaptación a una modalidad virtual, con los obstáculos que representa el acercamiento a una innovación, pero confiados en que las crisis representan una oportunidad.

## Referencias

- Achach, L. G., Quijano, D. R. & Padrón, L. I. (2017). *Incorporación de las TIC y sus efectos en el rendimiento académico en alumnos de 5° de una primaria en Mérida, Yucatán*. Congreso Nacional de Investigación Educativa (COMIE): San Luis Potosí.
- Becerra, S.L., Vergara, G. J., Vázquez, S.N., Hernández, O. L., Rosales, G. R., López, P. I., Tovar, C. A., Barragán, T. Y., Rodríguez, S. M., Flores, M. F. y Cruz Ch. N. (2020). *Problemas de salud mental que presentan los alumnos de la carrera de médico cirujano y partero del centro universitario de Tonalá, de la universidad de Guadalajara por el confinamiento a causa de la pandemia por covid19*. Memorias del Congreso Internacional AJ Hidalgo (tomo 2) disponible en: <https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/5f935ed0736e6b0808ed56d9/1603493611812/Tomo+02+-+Memorias+del+Congreso+Internacional+AJ+Hidalgo+2020.pdf>
- Covadonga de la Iglesia, M. (2019). *Caja de herramientas 4.0 para el docente en la era de la evaluación por competencias*. Disponible en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1665-26732019000200093&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732019000200093&lang=es)
- Echeverría Samanes, B. & Martínez Clares, P. (2018). *Revolución 4.0, competencias, educación y orientación*. Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria, 12(2), 4-34. doi: <http://dx.doi.org/10.19083/ridu.2018.831> disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/ridu/v12n2/a02v12n2.pdf>
- El Universal. Disponible en <https://www.eluniversal.com.mx/nacion/coronavirus-sep-suspende-clases-partir-del-20-de-marzo-adelanta-vacaciones>
- Códigos QR, generador de códigos. disponible en [www.codigos-qr.com](http://www.codigos-qr.com)
- Gobierno de México, (2011) disponible en <https://www.gob.mx/promexico/articulos/mexico-dando-forma-a-la-cuarta-revolucion-industrial?idiom=es>
- Hannover Messe disponible en <https://www.milenio.com/tecnologia/hannover-industria-4-0-revolucion-industrial>
- Gómez, D. G., Ramírez, M. J., Gutiérrez, P. M. y Mejía, D. M. (2020) *Calidad de vida en salud y sintomatología depresiva en estudiantes del Sistema de Educación Media Superior durante el periodo de cuarentena por COVID-19*. Congreso Internacional de Innovación Educativa. Memorias ITESM. 2020. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1sYTB3t3AaMkkKVkPYXQlv0IYInYV-t8n/view>
- Madero, S. y Montes, J.L. (2020) *Análisis descriptivo de las actitudes de los estudiantes universitarios ante el cambio en las actividades a distancia en la pandemia del COVID-19: Resultados preliminares*. Congreso Internacional de Innovación Educativa. Memorias ITESM. 2020. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1sYTB3t3AaMkkKVkPYXQlv0IYInYV-t8n/view>

Madero, S. y Lozano, L. J. (2020) *Factores predictores del estrés en estudiantes universitarios en épocas de COVID-19: Resultados preliminares*. Congreso Internacional de Innovación Educativa. Memorias ITESM. 2020. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1sYTB3t3AaMkkK-VkPYXQlv0IYInYV-t8n/view>

Ortega, F. G., Barrales, V. A., Guerrero, R. L. y Dajer, T. R. (2020). *Impacto en el aprendizaje de los alumnos por causas socioemocionales ante el confinamiento por covid-19*. Memorias del Congreso Internacional AJ Hidalgo. Tomo 11. Disponible en: <https://static1.squarespace.com/static/55564587e4b0d1d3fb1eda6b/t/5f93603c13ab7749e540a5a4/1603493972868/Tomo+11+-+Memorias+del+Congreso+Internacional+AJ+Hidalgo+2020.pdf>

Rosique, R. *Un asomo a la Educación y Web 1.0, 2.0 y 3.0*. (2010) Disponible en [https://www.academia.edu/3074931/Un\\_asomo\\_a\\_la\\_Educaci%C3%B3n\\_y\\_Web\\_1\\_0\\_2\\_0\\_y\\_3\\_0](https://www.academia.edu/3074931/Un_asomo_a_la_Educaci%C3%B3n_y_Web_1_0_2_0_y_3_0)

Toro, J. (2019). *Conversus*. Disponible en <https://e4-0.ipn.mx/wp-content/uploads/2019/10/ipn-conversus-137-educacion-4-0-dr-toro-1.pdf>

Universidad de Guanajuato. (2008) *Plan de estudios de Letras Españolas*. Guanajuato. U.Gto.



# LA COMUNICACIÓN EFECTIVA Y AFECTIVA EN LA EDUCACIÓN A DISTANCIA. IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS EN LA LICENCIATURA DE DISEÑO Y COMUNICACIÓN VISUAL A DISTANCIA



*Araceli Granados García\*<sup>1</sup>, Erika Rodríguez Martínez<sup>2</sup>, Jenny Segoviano García<sup>3</sup>, Lizbet Noriega Hernández<sup>4</sup>, María Yanira Manrique Mendoza<sup>5</sup>, Sandra Verónica Reséndiz Olvera<sup>6</sup>, Yusiel López Baltazar<sup>7</sup>*

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México*

*[aragranadosg@comunidad.unam.mx](mailto:aragranadosg@comunidad.unam.mx), [erm.design@gmail.com](mailto:erm.design@gmail.com)*

*[jenny.segoviano.garcia@gmail.com](mailto:jenny.segoviano.garcia@gmail.com), [noriegalizbet@gmail.com](mailto:noriegalizbet@gmail.com), [manriquemy@gmail.com](mailto:manriquemy@gmail.com)*

*[sandraresendizdcv@gmail.com](mailto:sandraresendizdcv@gmail.com), [yusiel@gmail.com](mailto:yusiel@gmail.com)*



## Resumen

En la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual a distancia de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, se creó una comunidad de aprendizaje integrada por docentes, estudiantes y funcionarios, quienes decidieron emprender un proyecto para mejorar las estrategias de enseñanza-aprendizaje a través del método de Investigación-Acción. Entre las varias áreas de oportunidad se determinó indagar el impacto de la comunicación efectiva y afectiva con los estudiantes. Como resultados se encontró que la mayoría de los estudiantes afirmaron que la comunicación efectiva es importante en la modalidad a distancia, pues impacta significativamente en su aprendizaje. Respecto a la comunicación afectiva comentaron inicialmente que no era tan importante, pero en las discusiones grupales posteriores indicaron que la amabilidad y el respeto

en la comunicación de los docentes favorecen su desempeño porque los motiva a seguir adelante. Les agrada ser escuchados, tomados en cuenta y que los profesores tengan empatía hacia su persona.

**Palabras clave:** comunicación efectiva y afectiva, aprendizaje a distancia.

## Antecedentes

En la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, actualmente se imparte la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual a distancia, Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia SUAyED, que nace en el año 2013 con una matrícula de 27 estudiantes y una planta docente de 9 asesores frente a grupo. Actualmente la matrícula es de 1,113 estudiantes y 101 docentes.

En la comunidad de aprendizaje de diseño a distancia conformada, se identificó que una de las problemáticas es la percepción que tienen los estudiantes de la falta de comunicación con los docentes de la carrera, por lo que se decidió emprender este proyecto a través de la implementación de la Investigación-Acción, que es un método cualitativo de investigación desarrollado por el psicólogo social Kurt Lewin, quien lo definía como una investigación comparativa de las condiciones y efectos de las diferentes formas de acción social e investigación que lleva a esta y que por lo general se aplica en las ciencias sociales.

Para Kemmis y McTaggart (1992), la Investigación-Acción busca la creación de grupos de sujetos conscientes comprometidos en cambiarse a sí mismos y, con ello, cambiar su trabajo educativo, sin embargo, no solo tiene que ver con el hacer; también tiene que ver con el aprendizaje a través de la acción, con la realización de cambios, la observación de sus consecuencias, su valoración crítica; y con la modificación de planes para conseguir la mejora a la luz de aquello que se ha aprendido mediante la observación. Al ser un método de tipo cualitativo para abordar la investigación educativa, se caracteriza por lo siguiente:

- Es una forma de indagación introspectiva.
- Es una actividad que se realiza de manera colectiva.
- Se puede aplicar a cualquier situación social.

- La investigación se hace en el lugar de los hechos, en este caso en la modalidad a distancia.
- Se trata de comprender los procesos sociales.
- Es un proceso iterativo.

Cabe mencionar que a través de los ocho años que lleva la carrera, se han realizado acciones desde la Coordinación de la misma para sensibilizar a los docentes y estudiantes sobre la importancia de la comunicación, sin embargo no se han obtenido los resultados esperados.

## Objetivo

Indagar el impacto de la comunicación efectiva y afectiva en los estudiantes de la licenciatura de Diseño y Comunicación Visual en la modalidad a Distancia.

## Parte experimental

El método de Investigación-Acción se lleva a cabo en las siguientes fases: En la fase uno, identificación de la preocupación temática, se enlistaron las problemáticas de la licenciatura, identificando las compartidas por el grupo de docentes, se resaltaron las más comunes y se exploró su opinión para determinar las posibles soluciones. Entre las problemáticas detectadas se eligió la falta de comunicación efectiva y afectiva con los estudiantes, como una estrategia de mejora para la Licenciatura.

Se entiende como comunicación efectiva “un proceso de interacción social, en el que transmitimos una información, voluntaria o involuntariamente, a través de códigos de interpretación similares, que nos permiten definirnos en relación a los otros. [...] Para que se dé una comunicación efectiva entre dos personas es necesario que el receptor interprete el mensaje en el sentido que pretende el emisor.” (Corrales, 2013, pp. 5 y 6). Mientras que la comunicación afectiva es aquella interacción entre docentes y estudiantes que busca incidir en lo socio-emocional como complemento de lo cognitivo. Es importante acompañar a los estudiantes y brindarles realimentación, tanto del proceso de aprendizaje como afectiva y motivacional, pues se ha visto que la realimentación es una de las influencias más poderosas en el aprendizaje y el rendimiento académico (Jiménez, S., Juárez-Ramírez, R., Castillo, V. y Tapia, J., 2018).

La adecuada comunicación efectiva y afectiva posibilita un ambiente de respeto, genera confianza y motiva a los estudiantes, lo que permite el acompañamiento en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la modalidad a distancia (Segoviano, 2021).

En esta fase uno, también se realizó una tabla aristotélica sobre la comunicación efectiva y afectiva, la cual es una herramienta que sirve para examinar y discutir de manera global la preocupación temática definida a partir de cuatro categorías básicas necesarias para la comprensión de la situación educativa: docentes, estudiantes, tema de estudio y entorno.

En la fase dos, planeación, se propusieron tres sesiones durante el semestre, implementando muestreo no probabilístico por conveniencia en un grupo de primero, uno de quinto y uno de octavo, lo que permitió tener la opinión de diferentes niveles de la carrera al inicio, la mitad y casi al finalizar (Otzen y Manterola, 2017). Dichas sesiones se realizaron por videoconferencias a través de la plataforma Zoom y se empleó Moodle y WhatsApp para las invitaciones. Las limitaciones encontradas fueron: esperar que concluyera el paro académico del 2021 para convocar a los sesiones y reconocer que es complicado reunir a los estudiantes de la modalidad a distancia en un mismo horario, ya que tienen diversas actividades laborales y personales.

***En la fase tres, acción, se aplicaron las siguientes técnicas:***

1. Grupo de discusión, el objetivo fue conocer el discurso de los estudiantes sobre la comunicación efectiva y afectiva. Las preguntas guías giraron en torno a tres situaciones: expectativas iniciales de los estudiantes al entrar a la carrera; cómo es la comunicación con sus asesores y compañeros y cómo les gustaría que fuera y qué proponen que se implemente para mejorarla.
2. Grupo de discusión con actividad previa, el objetivo fue identificar las características de la comunicación efectiva y afectiva. Los estudiantes leyeron un texto corto y revisaron un vídeo sobre el tema previamente seleccionado por el grupo de docentes, con dicho material elaboraron una presentación a través de distintos organizadores visuales como mapa mental, conceptual, infografía, video, etc. El día de la sesión los estudiantes en equipos definieron a una persona como ejemplo de buena comunicación efectiva y afectiva y la describieron a los integrantes. Después, el grupo en conjunto reflexionó sobre el uso de la comunicación efectiva y afectiva

en la modalidad a distancia. Por último, en una frase corta mencionaron la importancia del tema en su proceso de formación universitaria.

3. Foro de discusión, con el objetivo de identificar la asertividad y la comunicación efectiva y afectiva de los estudiantes a través de expresar sus opiniones sobre un tema que compete a todos, en este caso se seleccionó la pandemia de Covid-19. La actividad consistió en escribir una anécdota sobre el tema y retroalimentar a sus compañeros.

En la fase cuatro, observación, que se lleva a cabo durante la acción, se realizó el registro de las bitácoras por parte de los profesores, se grabaron las sesiones con los estudiantes, se hizo la recopilación de los materiales realizados por los estudiantes y se llevó un registro de las observaciones.

En la fase cinco, reflexión, los resultados fueron principalmente cambios en el concepto de afectividad y cómo se refieren a él los estudiantes, quienes poco a poco se integraron a la dinámica y se volvieron más participativos. Respecto a las actividades realizadas mostraron interés, se sintieron escuchados, revisaron los materiales proporcionados, trabajaron en equipo, respetaron la opinión de los demás y se observó empatía en el grupo. En cuanto a las relaciones interpersonales, tuvieron confianza para compartir con sus compañeros sus vivencias y hubo palabras de aliento en las retroalimentaciones del foro.

La mayoría de los estudiantes afirmaron que la comunicación efectiva y asertiva es importante en la educación a distancia pues impacta de manera significativa en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Les gusta ser escuchados, tomados en cuenta y que los profesores muestren empatía. Respecto a la afectividad comentaron que no era tan importante, sin embargo en las discusiones dejaron ver que la amabilidad y el respeto en la comunicación de los docentes favorecen su desempeño porque los motiva a seguir adelante. Pero, es importante reconocer que también expresaron no disponer de mucho tiempo para las videoconferencias, pues tienen otras ocupaciones laborales y familiares, principal motivo por el que eligieron la modalidad a distancia para estudiar.

## Resultados y discusión

Como resultado de la investigación realizada se encontró que la comunicación efectiva y afectiva impacta favorablemente el aprendizaje de los estudiantes. Para ello se pueden implementar las siguientes acciones:

- Al inicio del semestre solicitar la elaboración de vídeos de presentación para que el docente y los estudiantes se conozcan entre ellos.
- Durante el semestre tener de dos a tres sesiones por videoconferencia para interactuar con los estudiantes y aclarar dudas sobre los temas de mayor complejidad.
- Abrir otros medios de contacto como WhatsApp, Facebook, etc. Además de los proporcionados por la plataforma como los foros y chat.
- Que las retroalimentaciones describan los aciertos, áreas de oportunidad, objetivo de la actividad, su relación con el futuro profesional y la evaluación. Todo ello con una adecuada redacción y en tono positivo.
- Que los mensajes de los docentes sean asertivos, respetuosos y motivadores.
- Ofrecer las retroalimentaciones a la brevedad, quizá dentro de las primeras 48 horas de recibido. Excepto en días de asueto y fines de semana.
- Las sesiones programadas y consensuadas previamente con la mayoría del grupo deben tener una orden del día concreto y puntual para que sean provechosas. La duración recomendada es de una hora.
- Las sesiones se deben grabar y compartir el link en el foro de dudas u otro para que los estudiantes que no pudieron asistir tengan la posibilidad de revisarlas en otro momento.

Algunas de las problemáticas enfrentadas durante la investigación fueron: la planeación de tiempos porque el último foro se realizó en el fin de semestre, lo que en algunos casos disminuyó la participación de los estudiantes.

En el tintero se quedan varias dudas y futuros proyectos, siendo uno de ellos la posibilidad de explorar casos de estudiantes y docentes que no han tenido un buen desempeño y que no practican la comunicación efectiva y afectiva, es decir casos con oportunidad de mejora. Con la intención de observar la otra cara de la moneda y ser capaces de identificar lo que funciona y lo que no en la comunicación de los docentes de la modalidad a distancia.

## Conclusiones

- La comunicación efectiva y afectiva impacta de manera favorable al proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes.
- La comunicación efectiva debe ser asertiva.
- La comunicación afectiva debe ser respetuosa y motivadora.
- Se pueden implementar acciones para fomentar la comunicación efectiva y afectiva en la educación a distancia.
- El trabajo realizado a partir de la creación de la comunidad de aprendizaje de diseño a distancia permitió identificar problemáticas comunes entre docentes y estudiantes para enriquecer y reflexionar sobre las posibles mejoras en la licenciatura.

## Agradecimientos

Se agradece a los estudiantes de primero, quinto y octavo semestre del periodo 2021-2 por su participación en este proyecto.



## Referencias

- Corrales, M. (2013) Estrategias de comunicación efectiva en el aula. [Tesis de maestría en Educación] Universidad de Navarra, España.
- Jiménez, S., Juárez-Ramírez, R., Castillo, V. y Tapia, J. (2018). Affective Feedback in Intelligent Tutoring Systems. A Practical Approach. Cham:Springer. Recuperado el 13 de octubre de 2021, de <https://link-springer-com.pbidi.unam.mx:2443/content/pdf/10.1007%2F978-3-319-93197-5.pdf>
- Kemmis, S., McTaggart, R. (1992). Cómo Planificar la Investigación-Acción. Capítulo II. Mejora de la educación a través de la Investigación-Acción. Barcelona: Laertes.
- Otzen, T. & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. International Journal of Morphology. 35(1), 227-232. Recuperado el 13 de octubre de 2021 de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>
- Segoviano, J. (2021) La comunicación en la educación a distancia. En Prospectiva del diseño. Redefiniendo el futuro disciplinar Volumen 2 (pp. 226-242). México: Universidad de Sonora.

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA PARA EL APRENDIZAJE DE LA FORMULACIÓN DE MEDICAMENTOS A NIVEL MEDIO SUPERIOR



*Cleofas Garduño Heidi<sup>1</sup>; Castillo Rodríguez Miriam Aide<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, MADEMS (Química) [heidicg63@gmail.com](mailto:heidicg63@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ciencias Químicas, [miriam.castillo@cuautitlan.unam.mx](mailto:miriam.castillo@cuautitlan.unam.mx)



## Resumen

En este trabajo presentamos el desarrollo e implementación de una secuencia didáctica enfocada en el proceso de enseñanza-aprendizaje del tema de formulación de medicamentos impartido a nivel medio superior, con base a lo establecido en el plan de estudios del Colegio de Ciencias y Humanidades perteneciente a la Universidad Nacional Autónoma de México. El desarrollo de la estrategia está basado en un diseño instruccional de tipo ADDIE, el cual analizaremos a lo largo de este trabajo. El tema de formulación de medicamentos es novedoso para los estudiantes debido al impacto social y ambiental que puede tener en la vida cotidiana.

**Palabras clave:** Formulación, medicamentos, diseño instruccional, TIC, medio superior, secuencia didáctica, enseñanza-aprendizaje.

## Antecedentes

Las nuevas generaciones viven intensamente la omnipresencia de las tecnologías digitales, al punto que esto podría estar incluso modificando sus destrezas cognitivas. En efecto, se trata de jóvenes que no han conocido el mundo sin Internet, y para los cuales las tecnologías digitales son mediadoras de gran parte de sus experiencias. En el tema Formulación de medicamentos impartido en la asignatura de Química II a nivel bachillerato que es de carácter obligatorio comúnmente pasa desapercibida por los alumnos debido a que se imparte de manera tradicional sin lograr trascender esos conocimientos a una aplicación real. (Barriga, F. D., 2005)

La química está relacionada con muchos campos del saber humano; a nivel medio superior en el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH) la Química I y Química II son asignaturas de carácter obligatorio y constituyen el primer contacto para los alumnos del bachillerato con la disciplina y con el Área de Ciencias Experimentales; en ellas se concibe a la ciencia y sus métodos como procesos dinámicos e integrados con un carácter histórico y social, concepciones compartidas por todas las asignaturas del Área, que le permiten adquirir las bases iniciales de una formación científica que se integre a una cultura básica como resultado de la adquisición de los aprendizajes promovidos por todas las disciplinas que incidirán en su formación media superior, toda vez, que existen relaciones verticales entre las materias del Área de Ciencias Experimentales, así como relaciones horizontales con las diferentes disciplinas de otras áreas del plan de estudios. La mala concepción que tienen los alumnos hacia la química impartida a nivel bachillerato sugiere un problema que se convierte de inmediato en un reto para los docentes encargados de formarles, es mejorar la alfabetización científica y aumentar el interés por la ciencia desde la promoción de vocaciones científicas. Consideramos que el origen de esta problemática se sitúa en diferentes escenarios. Por un lado, la forma en que se está enseñando el saber científico y tecnológico, muy vinculado a un modelo de enseñanza predominante en la etapa de enseñanza obligatoria, dependiente de estrategias metodológicas expositivas y poco centrada en la promoción de la actividad investigadora del alumnado.

## Objetivo(s)

El objetivo de este trabajo fue desarrollar y aplicar una estrategia didáctica con el uso de TIC sobre la formulación de medicamentos para motivar a los alumnos a aprender química, lo que fomentará el aprendizaje dentro y fuera del aula.

## Parte experimental

La implementación se dio en dos grupos uno control y uno experimental, ambos impartidos por el mismo docente para evitar discrepancias entre un estilo y otro de enseñanza. En ambos grupos el tema se desarrolló en dos clases de 2 horas cada una. (Chirino, V. y Molina, A., 2010)

En la primer sesión del grupo experimental se abrió la clase con una didáctica para poder identificar las ideas alternativas y previas con respecto al tema, además de realizar un examen diagnóstico para ver sus conocimientos previos a la implementación de la estrategia, la participación en clase fue mediante la plataforma Mentimeter y al finalizar se dejaron tareas en las que incluía elaborar un video por equipo y subirlo a la plataforma Facebook de manera privada en un grupo cerrado donde solo los alumnos podían ver sus videos entre ellos, adicionalmente se les pidió que entraran a jugar a la página Kahoot un juego para reafirmar los conocimientos adquiridos.

En la segunda sesión del grupo experimental se dio la clase con la participación en Mentimeter, se revisó y dio la retroalimentación de las actividades a casa, se realizó una competencia en la plataforma Socrative por equipos para fomentar la parte lúdica, al finalizar esta sesión se realizó el mismo cuestionario diagnóstico para poder evaluar así el progreso de los estudiantes.

En el grupo control se dio la clase de manera tradicional, con un cuestionario diagnóstico inicial y haciendo a los estudiantes participar a través de la misma plataforma de Google meet, como se realiza normalmente en las clases en línea, se les dejó su actividad a casa revisando su botiquín casero e identificando los componentes del medicamento básicos, en la segunda sesión se realizó la explicación y retroalimentación de las actividades a casa se les pidió además un mapa mental donde resumieran los conocimientos vistos en clase.

En ambos grupos se tocaron los aprendizajes relacionados al tema de Formulación de medicamentos sin dejar de abarcar alguno, pero dándole más énfasis al aprendizaje de identificación de grupos funcionales en los principios activos.

En la figura 1 podemos ver las plataformas utilizadas en la aplicación de nuestra estrategia en el grupo experimental, con diferentes objetivos, explicativo, demostrativo, de reforzamiento entre otros.



**Figura 1.** Materiales o recursos utilizados para la implementación de la estrategia basada en el uso de las TIC.

## Resultados y discusión

Se aplicó la estrategia a dos grupos, el grupo experimental y el grupo control. La institución donde se realizó fue en el CCH Azcapotzalco ubicado en la CDMX, en México, en ambos grupos las edades de los estudiantes estaban entre 15 y 17 años. Para evaluar el aprendizaje adquirido por los alumnos, se analizaron los resultados obtenidos mediante el uso de la ecuación de Hake en la cual  $g$  es la relación entre los resultados del porcentaje de respuestas correctas antes (pretest) y después (postest) de la estrategia; si el resultado de  $g$  es menor a 0.3 es baja la ganancia del aprendizaje mientras que si es mayor a 0.7 la ganancia del aprendizaje es alta, estos porcentajes se muestran en la tabla número 1 y de manera visual los podemos observar en los gráficos 1 (grupo experimental) y 2 (grupo control), en la mayoría de los ítems se muestra que aumentó el % de asertividad después de la aplicación de la estrategia.

En la figura 2 les presentamos la fórmula para realizar el cálculo del índice de Hake

Fórmula del cálculo del índice de Hake

$$g = \frac{\text{postest}(\%) - \text{pretest}(\%)}{100 - \text{pretest}(\%)}$$

**Figura 2** Fórmula para hacer el cálculo del índice de Hake para ver la ganancia de aprendizaje

Con base a lo anteriormente explicado se realizó un pretest antes de la aplicación de la estrategia y un post test para ver la efectividad de la misma, a continuación, les presentamos los resultados del porcentaje de asertividad y el cálculo del índice de Hake, recordando que g es menor a 0.3 es baja la ganancia del aprendizaje mientras que si es mayor a 0.7 la ganancia del aprendizaje es alta.

*Tabla 1. Resultados de porcentaje de asertividad del grupo experimental y grupo control antes y después de la implementación de la estrategia*

ITEM	Grupo experimental (%)		Grupo control (%)	
	PRETEST	POSTEST	PRETEST	POSTEST
1	62.50	100.00	66.66	83.33
2	87.50	100.00	83.33	100.00
3	62.50	94.11	75.00	91.66
4	81.20	94.11	66.66	100.00
5	50.00	88.23	25.00	41.66
6	50.00	94.11	41.66	83.33
7	37.50	52.94	41.66	25.00
8	43.75	76.47	16.66	41.66
9	31.25	70.58	16.66	50.00
10	62.50	76.47	33.33	75.00
11	50.00	88.23	25.00	66.66
12	81.25	100.00	91.66	91.66
13	93.75	100.00	100.00	100.00
14	50.00	88.23	25.00	66.66
15	50.00	100.00	75.00	100.00
16	37.25	60.78	63.88	66.66
17	43.70	70.60	50.00	58.33
18	93.70	100.00	91.66	100.00
19	12.15	76.47	50.00	75.00

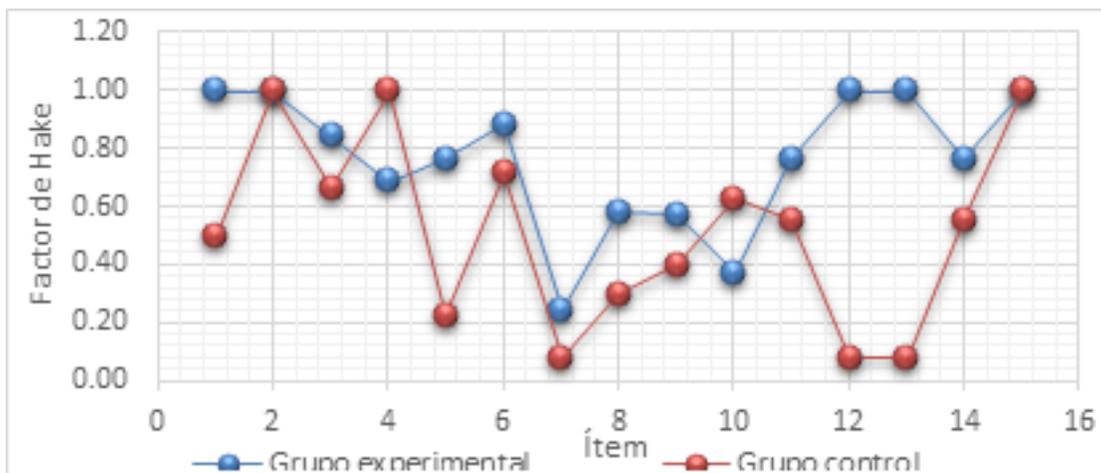
Se calculo el índice de Hake con el uso de los porcentajes de asertividad entre el test inicial y final de ambos grupos, se presentan los resultados en la tabla 2.

*Tabla 2. Resultados de cálculo del índice de Hake o ganancia de aprendizaje con el uso de los porcentajes de asertividad en el pretest y postest.*

ITEM	<i>Índice de Hake</i>	
	EXPERIMENTAL	CONTROL
1	1.00	0.50
2	1.00	1.00
3	0.84	0.67
4	0.69	1.00
5	0.76	0.22
6	0.88	0.71
7	0.25	0.00
8	0.58	0.30
9	0.57	0.40
10	0.37	0.62
11	0.76	0.55
12	1.00	0.00
13	1.00	0.00
14	0.76	0.55
15	1.00	1.00
16	0.37	0.08
17	0.48	0.17
18	1.00	1.00
19	0.73	0.50
Promedio	0.77	0.52

Al analizar el índice de ganancia del aprendizaje en ambos grupos podemos ver a simple vista que es mayor en el grupo experimental, a continuación, les presentamos una gráfica (Figura 3) donde podemos ver en que ítems el grupo experimental supera al grupo control, específicamente se observa en los correspondientes a la identificación de grupos funcionales en los principios activos.

En la figura 3 se muestra la representación gráfica del Factor de Hake o ganancia de aprendizaje calculado para los dos grupos de alumnos el control y el experimental, muestra que la estrategia didáctica propuesta para la enseñanza-aprendizaje de la formulación de medicamentos, mostró un impacto positivo en la mayoría de los ítems, y el factor de Hake promedio del grupo control fue de 0.52 y el promedio del grupo experimental fue de 0.77.



**Figura 3.** Representación Gráfica del índice de Hake para el grupo control y el grupo experimental.

Adicionalmente se realizó un análisis de la varianza utilizando como tratamientos las implementaciones de ambas estrategias didácticas (tradicional y con uso de TIC) para ver si existía realmente una diferencia significativa en el índice de ganancia de aprendizaje entre ambos grupos. Se muestra continuación en la tabla 3 el cálculo del ANOVA realizado.

*Tabla 3. Análisis de la varianza para verificar si existe una diferencia significativa con respecto a la ganancia de aprendizaje entre ambas estrategias.*

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F calculada	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0.6059	1.0000	0.6059	6.5469	0.0149	4.1132
Dentro de los grupos	3.3317	36.0000	0.0925			
Total	3.9376	37.0000				

Con base en lo planeado se estableció como hipótesis nula que no hay diferencias significativas entre ambos grupos con estrategias diferentes con respecto a la ganancia de aprendizaje, mientras que la hipótesis alternativa será que si existe una diferencia significativa con respecto la ganancia de aprendizaje con las diferentes estrategias aplicadas. Como podemos ver en la tabla la F de tablas (4.1132) es menor que la F calculada (6.5469) por lo que se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , estableciendo así que si

existe una diferencia significativa entre la ganancia de aprendizaje que obtuvieron los alumnos entre una y otra estrategia. (Dagnino, Jorge, 2014)

Para finalizar se les aplicó una encuesta de satisfacción a los alumnos para poder saber cómo fue su experiencia para cada estrategia y de esta forma poder generar perspectivas de lo que podría ayudar a mejorar este trabajo. Se tomaron en cuenta las opiniones de los alumnos con respecto a las plataformas utilizadas para poder establecer cuáles son las más fáciles de utilizar, las más llamativas y con las que se sintieron más cómodos, además de que muchos de sus comentarios proponían nuevas actividades que ellos consideran que serían útiles para su aprendizaje.

## Conclusiones

Podemos ver que la ganancia del aprendizaje con la estrategia desarrollada es mayor a la obtenida en el método más tradicional. Las plataformas digitales utilizadas favorecieron el proceso de aprendizaje además de dar un mayor dinamismo a la clase permitiéndonos tener variedad en el tipo de actividades. La selección de las herramientas TIC dependerá de las necesidades educativas de los alumnos, así como el contexto que presenten los mismos, el tipo de institución y en este caso el nivel educativo donde se implementaron. (Castro, Santiago, et al, 2007)

Recordemos que las nuevas generaciones son llamadas también nativos digitales que tienden a absorber rápidamente la información multimedia de imágenes y vídeos igual o mejor que si fuera texto por lo que el uso de las TIC en estas nuevas generaciones es aceptado en la mayoría de los casos, mayormente si son de fácil acceso y uso. La perspectiva de este trabajo es mejorar la estrategia con el uso de los datos obtenidos en la encuesta de satisfacción tomando en cuenta que actividades les gustó más y cuáles se les complicó o les disgustaron.

Existe una gama muy amplia de alternativas entre las que elegiremos para mejorar la estrategia y en un futuro aplicar la estrategia mejorada a otros grupos. En este apartado no se trata de resumir la investigación expuesta en los apartados anteriores, sino de exponer las consecuencias teóricas del trabajo y sus posibles aplicaciones prácticas.

## Agradecimientos

Los autores agradecemos a la Universidad Nacional Autónoma de México y al Colegio de Ciencias y Humanidades por brindar el apoyo para la implementación de esta estrategia.



## Referencias

Barriga, F. D. (2005), «Principios de diseño instruccional de entornos de aprendizaje apoyados con TIC: un marco de referencia sociocultural y situado» Tecnología y Comunicación Educativa, Vol. 41 pp. 4-16 Disponible en : <https://investigacion.ilce.edu.mx/tyce/41/art1.pdf>. [Último acceso: 28 09 2021].

Chirino, V. y Molina, A. (2010). «Critical factors in a definition of mobile learning model», En Cruz Cunha, M.M. y Moreira G, Handbook of Research on Mobility and Computing, Evolving Technologies and Ubiquitous Impacts. Portugal.

Castro, Santiago, et al, (2007) «Las TIC en los procesos de enseñanza y aprendizaje». Laurus Springer.13 Vol.(23), pp.213-234

Dagnino, Jorge, (2014) «Análisis de Varianza» Rev Chil Anest 43: 306-310. Disponible: <https://revistachilenadeanestesia.cl/PII/revchilanestv43n04.07.pdf> [Último acceso: 28 09 2021].

# EL PROCESO DE COMUNICACIÓN ENTRE LAS INSTITUCIONES UNIVERSITARIAS Y ESTUDIANTES EN TIEMPOS DEL COVID-19



Suemi Lima-Vargas<sup>1</sup>, Ana Sofía Dominguez-Martinez<sup>1</sup>, Cristian Uriel Flores-Flores<sup>1</sup>,  
Alondra Michelle Orizaba-Jaime<sup>1</sup> Alvaro Enrique Lima-Vargas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del Estado de México, Unidad Académica Profesional Tlalnepantla  
[slimav@uaemex.mx](mailto:slimav@uaemex.mx)

<sup>2</sup>Universidad de Quintana Roo, Campus Playa del Carmen  
[aelima@uqroo.edu.mx](mailto:aelima@uqroo.edu.mx)



## Resumen

El proceso de comunicación entre las universidades y los estudiantes ha sido modificado durante la pandemia, debido al cambio de comunicación de cara a cara a en línea. Esta investigación tiene como objetivo identificar qué elementos del proceso de comunicación son más relevantes en la comunicación en línea entre las universidades y el estudiante en la comunicación en línea. Así como la percepción del estudiante sobre el proceso de comunicación durante la comunicación en línea a través, de una investigación cuantitativa, correlacional-causal de corte transversal. Los resultados muestran que los estudiantes tienen una baja percepción sobre el proceso de comunicación de su universidad en la comunicación en línea. Del mismo modo, indicaron que las etapas lineal, dinámica y productiva son esenciales en la comunicación efectiva entre universidades y estudiantes. Estos resultados apoyan a las universidades a generar un modelo de comunicación efectiva adecuado a las necesidades de los estudiantes.

Palabras clave: Comunicación, Percepción estudiantil, COVID-19

## Antecedentes

La comunicación es un proceso que consiste en la transmisión e intercambio de mensajes entre un emisor y un receptor; Es fundamental para difundir información en general a la sociedad, permite que nos expresemos y compartamos información entre sí, establezcamos relaciones, lleguemos a acuerdos y seamos capaces de organizarnos. En este sentido la comunicación es fundamental ya que a través de la comunicación los ciudadanos se enteran de los cambios, actividades, sucesos y todo esto puede ser posible sin que estemos personalmente en el sitio en que ocurre; Las relaciones se logran a través de la comunicación y este proceso ayuda a las personas a expresar sus ideas y les permite entender sus emociones a través de los demás (Melendo, 1985).

Para que una comunicación sea efectiva debe tener los cinco elementos: abierta, evolutiva, flexible, multidireccional e instrumentada. La comunicación abierta se refiere a la comunicación de la organización con el exterior, en el caso de la educación es la comunicación de la institución educativa con el estudiante y la sociedad. La comunicación evolutiva que alude a los procesos de comunicación internos de la organización no programados, en el caso de la educación son los anuncios o la información que se procesa entre departamentos de forma imprevista. La comunicación flexible, indica la concordancia entre comunicación formal e informal de la organización. La comunicación multidireccional es la gestión de la comunicación en la organización de forma transversal, interna, vertical y horizontal, entre otras. La comunicación instrumentada se refiere a los elementos de soporte tecnológico o no tecnológicos que utiliza la organización durante el proceso de comunicación (Nosnik, 1996).

Además, el modelo de comunicación organización de Nosnik (2003), establece que no solo son necesario los cinco elementos de la comunicación efectiva sino para una comunicación exitosa es necesario desarrollar un proceso de comunicación efectiva denominada “comunicación productiva” la cual se logrará mediante el desarrollo de tres etapas de comunicación; la comunicación lineal, dinámica y productiva. La primera etapa de comunicación lineal, que es el proceso donde se producen mensajes o información. En la etapa de comunicación dinámica, el proceso se difunde y distribuye información entre emisores y receptores. En la etapa de comunicación productiva se usa la información y retroalimentación para generar una comunidad comunicativa. Cabe resaltar que la importancia de la comunicación en las universidades es alta ya que, para los jóvenes y personas en general, brinda un panorama más amplio del mundo que

los rodea, además una universidad enseña el sentido de la disciplina, la responsabilidad y de igual manera te permite conocer a personas de muchos ámbitos (Vélez, Molinay Salmon, 2020). Desafortunadamente, a partir de inicios del año 2020 la llegada del virus SarS COVID-19 ha generado el confinamiento de millones de personas en sus hogares y, siempre que ha sido posible, el traslado de su actividad al formato virtual. En el caso de las universidades, muchas de estas a nivel internacional se han visto en la necesidad de hacer un paro a sus actividades escolares de manera presencial y trasladar el 75% del estudiantado universitario a una versión online de los estudios que hasta el momento cursaban de forma presencial. Esto, para evitar que el virus se expandiera de forma gradual (UNESCO, 2021). Lo cual ha provocado que su comunicación se vea afectada de forma negativa, y en consecuencia, se ha reducido la motivación, interés y el nivel de aprendizaje de los estudiantes (Artopoulos, 2020).

## **Objetivo**

El primer objetivo de esta investigación es determinar la percepción de los estudiantes sobre el proceso de comunicación de información de su institución educativa en la comunicación en línea, en función al modelo de comunicación efectiva de Nosnik, para establecer la percepción del estudiante sobre la calidad en cada una de las etapas del proceso de comunicación de información de las instituciones educativas con los estudiantes en la comunicación en línea.

El segundo objetivo de esta investigación es correlacionar las etapas del proceso de comunicación con la comunicación de información de las instituciones educativas con los estudiantes en la comunicación en línea, en función al modelo de comunicación efectiva de Nosnik, para identificar qué etapas del proceso de comunicación son los más relevantes en la comunicación de información de las instituciones educativas con los estudiantes en la comunicación en línea

## **Metodología**

La metodología de la investigación es de corte transversal por su forma de recolectar la información, de orden cuantitativo por su instrumento de recolección de datos. Finalmente, el primer objetivo de la investigación se considera exploratorio por su finalidad, mientras tanto el segundo se considera correlacional-causal por su intención

de correlacionar las etapas el proceso de comunicación (Sampieri y Mendoza, 2018)

### Modelo de la Investigación

El modelo de la investigación consta de 3 hipótesis generales. Hipótesis 1; la etapa lineal del proceso de comunicación influye directamente en la comunicación efectiva entre universidad y el estudiante. Hipótesis 2; la etapa dinámica del proceso de comunicación influye directamente en la comunicación efectiva entre universidad y el estudiante. Hipótesis 3; la etapa productiva del proceso de comunicación influye directamente en la comunicación efectiva entre universidad y el estudiante (Figura 1). Adicionalmente, se integrarán 3 hipótesis complementarias para analizar la viabilidad del modelo en el ámbito educativo. Hipótesis 4; la etapa lineal del proceso de comunicación influye en la etapa dinámica en la comunicación universitaria. Hipótesis 5; la etapa dinámica del proceso de comunicación influye en la etapa productiva en la comunicación universitaria. Hipótesis 6; la etapa lineal del proceso de comunicación influye en la etapa productiva en la comunicación universitaria (Figura 1).

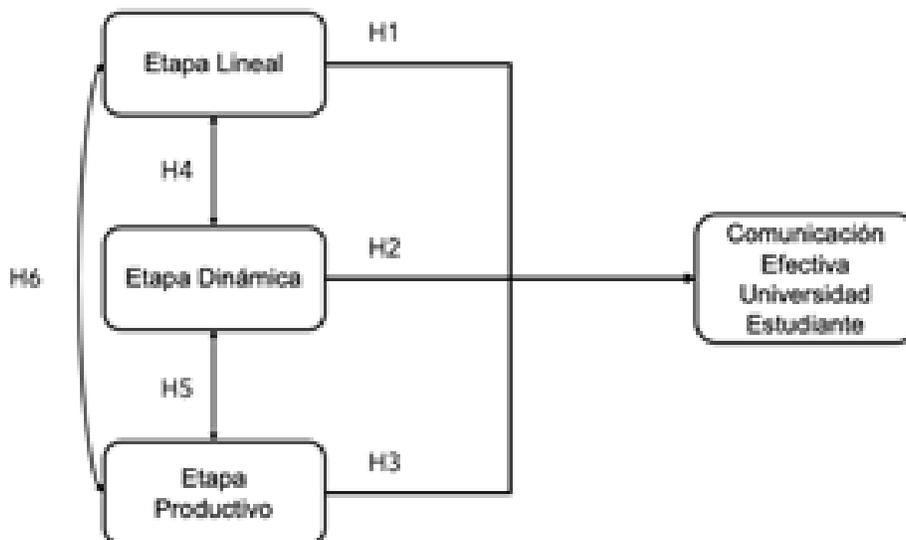


Figura 1. Modelo teórico de la investigación

## Sujeto de estudio

Los sujetos de estudio de esta investigación son estudiantes universitarios de dos instituciones públicas educativas de nivel superior, de las carreras de administración de empresas (Universidad Autónoma del Estado de México-Campus Tlalnepantla) e Ingeniería Empresarial (Universidad de Quintana Roo).

## Instrumento de recolección de datos.

Para recolectar la información se desarrolló un instrumento de recolección de datos, con 9 ítems que midieron las tres etapas del proceso de comunicación (lineal, dinámica y productiva). Las medidas se identificaron mediante escala tipo Likert de 5 puntos (1= Nunca, 5 = Siempre). La primera variable lineal presentó los ítems ¿Consideran que la información que reciben es eficaz?, ¿Son todas las instrucciones que se les da totalmente claras? y ¿El contenido de la información que reciben es relevante? La segunda variable dinámica presentó los ítems ¿Cuántas veces reciben la información a tiempo?, ¿Cuántas veces no se han recibido correctamente las notificaciones? ¿La información se envía mediante canales adecuados a tus facilidades tecnológicas? La tercera variable presentó los ítems ¿Considera que está siendo ignorado por estas prácticas? ¿Es habitual para usted el manejo de tecnologías para la comunicación? ¿El proceso de comunicación tiene tu institución educativa te permite opinar?

## Validez de resultados

Los resultados se analizaron mediante Alfa de Cronbach (Domínguez-Lara y Merino-Soto, 2015) (Ecuación 1), la cual sirve para dar validez a los datos recolectados, el análisis se aplicó a los constructos del estudio (etapa lineal, etapa dinámica, etapa productiva).

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right] \quad (1)$$

*Ecuación 1. En donde  $\alpha$  es el símbolo del alfa de Cronbach;  $K$ , es el número de ítems,  $\sum S_i^2$  representa la suma de las varianzas de cada ítem y  $S_T^2$  representa la varianza total.*

La comprobación de las hipótesis se realizó mediante una regresión lineal múltiple, para obtener un valor de R2 y correlación de Pearson r (Santabárbara, 2019) (Ecuación 2). El análisis se aplicó a los constructos del estudio (etapa lineal, etapa dinámica, etapa productiva).

$$r = \frac{S_{xy}}{S_x \cdot S_y} \quad (2)$$

*Ecuación 2. En donde r, es el símbolo de la correlación lineal de Pearson, Sxy es la covarianza entre X e Y, Sx es la desviación típica de X, y SY la de Y.)*

Los indicadores de validez de los resultados para la confiabilidad del instrumento son de  $\alpha > 0.8$ . Para la validez de la hipótesis se estableció una regresión lineal múltiple  $R^2 > 0.7$  y para la correlación de Pearson  $r < 0.6$

### Resultados y discusión.

Los resultados de confiabilidad para las primeras tres hipótesis presentaron valores superiores a 0.818 siendo valores superiores a los parámetros de validez del estudio con ello confirmando que las variables son adecuadas para su posterior análisis. Por su parte, los resultados de las medias indicaron valores para la etapa lineal de 2.16, para la etapa dinámica de 2.53 y para la productiva de 1.90. Estos resultados indican una muy baja percepción de los estudiantes sobre las diversas etapas del proceso de comunicación de su universidad (Tabla 1).

Los resultados de la correlación de Pearson indicaron valores de 0.818, 0.902 y 0.878 para las hipótesis 1, 2 y 3. Mientras tanto los resultados de R2 mostraron valores para las hipótesis 1, 2 y 3 de 0.669, 0.813 y 0.772 respectivamente. Los valores de Pearson y R2 son superiores a los parámetros de aceptación del estudio, por lo cual, se aceptan las hipótesis 1, 2 y 3. Estos resultados son consistentes con el modelo de comunicación de Nosnik (2003), quien indica que la etapa lineal, dinámica y productiva son fundamentales en el proceso de comunicación organización. También, demuestran que el modelo es aplicable para la comunicación entre institución educativa y el estudiante en la comunicación en línea (Tabla 1).

Tabla 1. Resultados hipótesis 1, 2 y 3

Hipótesis	Variable Independiente	Alfa de Cronbach	Media	Pearson	R2	Error Estándar	Aceptación o Rechazo
H1	Etapa Lineal	0.931	2.16	0.818	0.669	0.80403	Aceptada
H2	Etapa Dinámica	0.954	2.53	0.902	0.813	0.78736	Aceptada
H3	Etapa Lineal	0.902	1.90	0.878	0.772	0.98125	Aceptada

*Nota. La variable dependiente para las hipótesis es comunicación efectiva entre universidad y estudiante.*

Por otro lado, los resultados de confiabilidad para las hipótesis 4, 5 y 6 mostraron valores de 0.981, 0.949 y 0.971 respectivamente con ello entrando dentro de los parámetros de validez. Los resultados de Pearson indicaron valores de 0.911 para la hipótesis 4, 0.923 para la hipótesis 5 y 0.907 para la hipótesis 6. Asimismo, los valores de R2 manifestaron valores de 0.829, 0.851 y 0.822 para hipótesis 4, hipótesis 5 e hipótesis 6 respectivamente. Los resultados de Pearson y R2 para todas las variables fueron superiores al parámetro de aceptación del estudio con ello aceptando las hipótesis 4, 5 y 6. Estos resultados son complementarios a los análisis de Nosnik (2003) indicando una correlación directa entre las variables del modelo de comunicación (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados hipótesis 4, 5 y 6

Hipótesis	Variable Independiente	Variable Dependiente	Alfa de Cronbach	Pearson	R2	Error Estándar	Aceptación o Rechazo
H4	Etapa Lineal	Etapa Dinámica	0.981	0.911	0.829	0.66429	Aceptada
H5	Etapa Dinámica	Etapa Productiva	0.949	0.923	0.851	0.80613	Aceptada
H6	Etapa Lineal	Etapa Productiva	0.971	0.907	0.822	0.59724	Aceptada

## Conclusiones

En relación con el objetivo principal de esta investigación los resultados indicaron que la percepción de los estudiantes sobre el proceso de comunicación de información de sus institución educativa durante en la comunicación en línea ha sido bajo mostrando

de 2.16, 2,53 y 1.90 para la etapa lineal, dinámica y productiva respectivamente en una escala de 1 a 5. Esto indica que los estudiantes no sienten que el proceso de comunicación con su institución educativa durante en la comunicación en línea sea adecuado. Estos resultados dan evidencia de la carencia de comunicación de la institución educativa dando un área de oportunidad para mejorar en los procesos de creación de contenido (etapa lineal), distribución del contenido (dinámica) y retroalimentación del contenido enviado (productiva).

En relación con el segundo objetivo de esta investigación los resultados de todas las hipótesis presentaron valores superiores a los parámetros de aceptación, dando como resultado la aceptación de las 6 hipótesis del estudio. Estos resultados exponen la importancia de cada etapa del proceso de comunicación (etapa lineal, etapa dinámica y etapa productiva) en la comunicación entre institución educativa y estudiante en la comunicación en línea. De la misma manera indica una correlación más directa entre cada una de las etapas del proceso de comunicación. Por consiguiente, las instituciones educativas que deseen generar un proceso de comunicación efectiva con los estudiantes deben considerar todas las etapas del proceso de comunicación y la relación entre las etapas. Esta investigación aporta directamente a las instituciones educativas de nivel superior indicando que elementos son los más adecuados para generar una comunicación efectiva, adicionalmente evidencia la necesidad de mejora del proceso de comunicación entre institución educativa y estudiante en la comunicación en línea.

## Agradecimientos

Investigación realizada gracias al Programa UNAM-PAPIME <PE305322>

Investigación realizada gracias al Programa UNAM-PAPIME <PE308920>



## Referencias

- Artopoulos, A. (2020). COVID-19 ¿Qué hicieron los países para continuar con la educación a distancia? *Revista Latinoamericana de Educación Comparada*, 11(17), 1-11.
- Domínguez-Lara, S. y Merino-Soto, C. (2015). ¿Por qué es importante reportar los intervalos de confianza del coeficiente alfa de Cronbach? *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 13(2), 1326-1328.
- Melendo, M. (1985). *Comunicación e integración personal*, Editorial Sal Terrae.
- Nosnik, A. (2003), *Comunicación productiva: un nuevo enfoque teórico*. *Razón y Palabra*, 34 (8) 1-12
- Nosnik, Abraham, (1996). *Comunicación y gestión organizacional*, Bucaramanga: Universidad Autónoma de Bucaramanga.
- Sampieri, R. y Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la Investigación las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México, D.F: McGRAW-HILL.
- Santabárbara, J. (2019). Cálculo del intervalo de confianza para los coeficientes de correlación mediante sintaxis en SPSS. *Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 12(2), 1-14. <https://doi.org/10.1344/reire2019.12.228245>
- UNESCO. (2021, 5 mayo). Interrupción y respuesta educativa. <https://es.unesco.org/covid19/educationresponse>
- Vélez, I. V. P., Molina, D. L. P., y Salmon, G. N. M. (2020). La importancia de la comunicación en el rendimiento investigativo de los estudiantes universitarios. *Journal Business Science*, 1(1), 63-72.

# ESCAPE ROOM: ESTRATEGIA PARA EL APRENDIZAJE DE LAS CIENCIAS



*Claudia Erika Morales Hernández\**

*Colegio de Nivel Medio Superior. Universidad de Guanajuato, [ce.moraleshernandez@ugto.mx](mailto:ce.moraleshernandez@ugto.mx)*



## Resumen

El confinamiento que se vive ahora en el mundo causado por la pandemia por COVID-19 ha propiciado que el docente evolucione en su práctica y se prepare ante el reto de la educación virtual, a través de proponer estrategias de aprendizaje que fomenten el pensamiento creativo, reflexivo y racional, de manera activa y motivadora. En este trabajo se describe la implementación de una estrategia de gamificación conocida como Escape Room Educativo en modalidad virtual, para la enseñanza de la Química en estudiantes del área básica del bachillerato general, con la finalidad de motivar y fomentar el interés y aprendizaje de esta materia que, sin duda, a muchos estudiantes les causa terror. Se pretende que, a través del juego, los estudiantes adquieran habilidades y competencias específicas básicas de Química y competencias transversales como trabajo en equipo y creatividad, al mismo tiempo que comprenda conceptos de la tabla periódica y los puedan aplicar en la resolución de problemas. El Escape Room virtual es una estrategia que puede vincularse a otras asignaturas, y que promueve la interacción entre los estudiantes y el docente, ya sea de manera sincrónica o asincrónica. Los resultados nos indicaron que el estudiante se siente satisfecho, genera confianza en sí mismo y aprender del error, lo cual promueve que comprenda mejor los conceptos que se le dificultad y se fomente la perseverancia.

**Palabras clave:** Enseñanza, Química, Gamificación, Innovación Educativa, Aprendizaje

## Antecedentes

Durante el confinamiento por la pandemia por COVID-19, los estudiantes se han enfrentado a grandes retos, sobre todo en el caso de las ciencias experimentales especialmente en la Química donde se requiere desarrollar habilidades como trabajo colaborativo y la experimentación. A medida que los estudiantes avanzan de nivel educativo, también lo hace su falta de interés hacia esta materia, apareciendo dificultades que originan sensación de estrés e inseguridad. Esto se agrava en el Nivel Medio Superior, cuando el estudiante se enfrenta por primera vez a un lenguaje simbólico, especialmente si no se siente motivado hacia el aprendizaje de la química (Talanquer, 2016). Esta falta de interés está relacionada con los modelos tradicionales, en los que el docente es el responsable de la trasmisión de conocimientos y el estudiante adquiere un papel pasivo. Lo anterior debido a que al estudiante ha perdido en su mayoría el gusto por la lectura científica. Sin embargo, el verdadero aprendizaje tiene lugar cuando el estudiante se implica de forma activa y el docente es facilitador para el aprendizaje. Es por ello por lo que debemos evolucionar, sobre todo en este momento donde las tecnologías de la información han sido relevantes para el trabajo virtual con los estudiantes. Es importante que el estudiante sea capaz de gestionar la información y enfrentarse a la resolución de problemas, tomando decisiones sobre su propio trabajo (Hamdan y col 2013). La gamificación es una estrategia metodológica que hace referencia a la integración de los elementos propios del diseño de juegos en contextos no formales no lúdicos para incentivar ciertos comportamientos o recompensar acciones específicas en diferentes contextos, como en este caso la educación. Una forma de aplicar la gamificación en el aula es el Escape Room educativo (cuarto de escape o juego de escape), en el que se plantean logros de aprendizaje en forma de diferentes retos a resolver ya sea en lo individual o en equipo. Para ello, se plantea una narrativa o contexto que enmarca los desafíos que los participantes deben superar, y que permite que la experiencia sea más atractiva (Nicholson, 2016). La superación de los retos planteados, guían al estudiante para avanzar hacia la meta final o resolución de problemas desde sencillos hasta complejos. Los estudiantes se interesan por el tema objeto de estudio al percibir la enseñanza en forma divertida y consiguiendo un aprendizaje significativo, activo y contextualizado. Durante el planteamiento de esta estrategia, se propicia en los estudiantes la autonomía y la comprensión casi involuntaria de los contenidos en un ambiente creativo basado en la experiencia y el juego. Con ello, se

potencia el razonamiento mediante la reflexión sobre sus propias decisiones, siendo el propio juego quien proporciona una retroalimentación rápida, el estudiante por consiguiente aprender del error y consigue profundizar lo aprendido. En este trabajo se presenta la implementación de una experiencia de gamificación basada en el Escape Room educativo en la Unidad de Aprendizaje (UDA) Química I como estrategia para la recuperación de aprendizajes después de revisar el tema de tabla periódica.

## Objetivo

Implementación de una experiencia de gamificación basada en un Escape Room educativo en la unidad de aprendizaje Química I en estudiantes de Nivel Medio Superior en modalidad virtual.

## Parte experimental

### 1. Diseño del Escape Room.

Se diseñaron dos Escape Room uno, empleando las plantillas en Genally (individual) y otro usando PowerPoint (grupal). La historia es la siguiente: “Cuatro científicos fueron secuestrados por un científico que enloqueció, viajó al pasado para robar los secretos para construir una sustancia supermaterial, los técnicos del laboratorio dejan pistas para encontrar la manera de recuperar a los científicos y regresarlos a sus épocas antes de que la historia se altere” En este contexto se desarrolla la historia, las pistas que se dejan se descubren a partir de la resolución de los retos, la solución les permite avanzar hasta llegar a la meta (Figura 1).





**Figura 1.** Capturas de pantalla del diseño de los Escape Room aplicados en este trabajo.

Todos los retos están contextualizados siguiendo la narrativa. Estos retos consisten en el caso del estudio de la tabla periódica, conocer que sabe el estudiante de las propiedades de los elementos en la tabla, reconocer a los metales, no metales, sus estados de agregación, la formación de compuestos, características de familias o grupos, entre otros. Se hace uso de videos y audios para darle un ambiente más interactivo. El acceso al Escape Room se realiza desde un enlace que se les comparte a los estudiantes. Cada estudiante va resolviendo los retos de uno a uno, consiguiendo descubrir pistas o partes de la contraseña que le permita terminar y salir de la sala virtual. Muchas veces el estudiante se frustra al no poder encontrar la solución, por lo que se aprende del error y se obliga de alguna manera a que razone la respuesta. La recompensa al final es el aprendizaje que se obtiene.

## 2. Instrumentos.

Se realizó una evaluación diagnóstica para detectar los conocimientos previos de los estudiantes antes de implementar la estrategia, y posteriormente se diseñó y aplicó un instrumento para la recuperación de aprendizajes adquiridos en la experiencia.

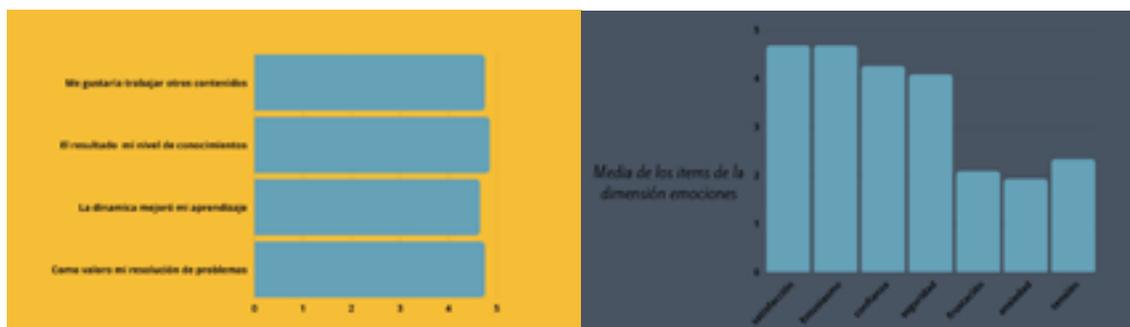
Para conocer el grado de satisfacción de los estudiantes, se diseñó un instrumento que consta de 5 dimensiones: aprendizajes, emociones, metodología, trabajo en equipo y planificación del docente. Cada ítem se ha valorado según la escala tipo Likert con cinco opciones de respuesta (1: Muy baja- 5: Muy alta). Los datos se recolectaron en un documento en EXCEL, donde son arrojados de manera ordenada para su análisis. El análisis de los resultados se realizó con base a la frecuencia y porcentajes, de datos no probabilísticos.

## Resultados y discusión

En esta experiencia participaron 84 estudiantes de la UDA Química I, que cursaron el segundo semestre del bachillerato general en el semestre Enero-junio 2021.

Se analizó el rendimiento académico, encontrando que, en la aplicación del examen previo, se tuvo una calificación media de 6.3, en contraste con los resultados del examen de recuperación de aprendizajes que fue de 8.75. Estos resultados muestran la efectividad de la gamificación en el aprendizaje del conocimiento de la tabla periódica en la Química.

En relación con la satisfacción con la experiencia desarrollada, los estudiantes indican tener un nivel global muy alto (4.73). Explorando cada una de las dimensiones que la componen, observamos que en la dimensión aprendizaje con actividades basadas en juego, todos los ítems superan el valor de 4.1 siendo los mejor valorados los que hacen referencias a actividades realizadas como: “han aumentado mi atención durante la clase y me divertí aprendiendo” (el resto se presentan en la Figura 2a). Respecto a la dimensión de planificación docente todos los ítems superan el valor de 4.4, siendo los más valorados “el docente ha fomentado la participación y la colaboración” y “ha guiado durante la realización de la actividad”. De la dimensión metodología, todos los ítems superan el 4.2 destacando “grado general de satisfacción de la metodología y me gustaría trabajar otros contenidos”. Finalmente, en la dimensión emocional durante la experiencia, los resultados indican que han experimentado emociones positivas, entusiasmo, confianza, hay poca ansiedad y frustración, lo que es lógico debido a que si no hay resultado no pueden salir de la sala, sin embargo se les motiva a encontrar en el error una manera de aprender y fomentar la perseverancia (Figura 2b).



**Figura 2.** Muestra de la media de los ítems (Escala de 1 a 5)

## Conclusiones

De los resultados obtenidos se puede concluir que la experiencia realizada ha sido positiva despertando el interés y motivación en los estudiantes para la realización de los problemas propuestos. Cuando los estudiantes se enfrentan a resolver problemas frecuentemente experimentan nervios y ansiedad, sin embargo, tras la participación en esta experiencia manifestaron sentirse confiados y motivados, con lo que se minimizó los sentimientos negativos.

El uso de los Escape Room fomenta el aprendizaje activo a través de retos lúdicos que promueven el pensamiento reflexivo y, por otro lado, permite que el docente desarrolle sus competencias digitales y su creatividad.

A partir de una evaluación estandarizada, se confirmó que esta herramienta influye en el desarrollo cognitivo del estudiante y este aplica sus aprendizajes y relaciona sus conocimientos generales de manera interdisciplinaria. Se observaron áreas de oportunidad detectadas a partir de los resultados obtenidos, donde el conocimiento del uso de los recursos digitales usados es importante para evitar que el estudiante se retrase por esto y no por la resolución de los retos, incluir infografías o diagramas que resuman la información de un documento para facilite la lectura por el estudiante, las cuales se podrán retroalimentar para la mejora de esta estrategia que puede ser usada para diferentes unidades de aprendizaje.

## Agradecimientos

La autora agradece a los estudiantes participantes en esta estrategia y las autoridades escolares que dieron los apoyos necesarios para la realización de este trabajo.



## Referencias

Talanquer, V. (2009). Chemistry: Who are you? Where are you going? How do we catch up with you? Scielo. Consultado en [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187893X2009000500003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187893X2009000500003)

Hamdan, N., McKnight, P., McKnight, K., & Arfstrom, K. M. (2013). The flipped learning model: A white paper based on the literature review titled a review of flipped learning. Consultado en [https://flippedlearning.org/wpcontent/uploads/2016/07/WhitePaper\\_FlippedLearning.pdf](https://flippedlearning.org/wpcontent/uploads/2016/07/WhitePaper_FlippedLearning.pdf)

Nicholson, S. (2016). Ask Why: Creating a Better Player Experience Through Environmental Storytelling and Consistency in Escape Room Design. Consultado en <https://scottnicholson.com/pubs/askwhy.pdf>

# TUTORÍA REMOTA PARA ESTUDIANTES CON PROBLEMAS DE APRENDIZAJE: EL CASO DE PAES



*Marco Antonio Rodríguez Galicia<sup>1</sup>, Yunuen Ixchel Guzmán Cedillo<sup>\*2</sup>*

<sup>1</sup>Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México, [marco.rg73@gmail.com](mailto:marco.rg73@gmail.com)

<sup>2</sup>Facultad de Psicología, Universidad Nacional Autónoma de México, [yunuen\\_guzman@unam.mx](mailto:yunuen_guzman@unam.mx)



## Resumen

El objetivo de este trabajo es describir cómo es que los tutores del PAES llevaron a cabo la tutoría remota durante el ciclo escolar 2020-2021 en términos de sus prácticas efectivas y los inconvenientes que surgieron durante esta modalidad. Se opta por una metodología de investigación de carácter cualitativo cuya unidad de análisis es el discurso de los tutores dentro de sus bitácoras personales y grupal conformada por 287 páginas, y después de 3 ajustes a las definiciones con base en extractos del discurso se definen 9 temas emergentes identificados en dos categorías: la infraestructura y el despliegue de competencias del tutor(a) en la actividad de tutoría. Aunque son resultados preliminares se puede notar que la tutoría remota permite a los tutores desarrollar las capacidades requeridas en el modelo PAES y se amplían tanto las dificultades como el potencial de habilidades tecnológicas de tutores y tutorados al usar los dispositivos para realizar la tutoría.

**Palabras clave:** Tutoría, educación remota emergente, problemas de aprendizaje, estudiantes de secundaria, competencias del tutor.

## Antecedentes

El Programa Alcanzando el Éxito en Secundaria (PAES) ha brindado apoyo a estudiantes de secundaria con problemas de aprendizaje desde el año 1999, se ubica en el Centro Comunitario “Dr. Julián Mac Gregor y Sánchez Navarro”. En el PAES se llevan a cabo diversas actividades en diferentes escenarios destacando entre ellas en este trabajo a la tutoría académica para apoyar a estudiantes de secundaria que han presentado problemas de aprendizaje con la meta de que logren superar dificultades en el ámbito cognitivo, social y afectivo. El programa de tutorías se lleva a cabo dos veces por semana, los martes y jueves en sesiones de dos horas, por estudiantes de maestría del PREPSE (Programa de Residencia en Psicología Escolar), y recientemente se han incorporado estudiantes de licenciatura como parte del Programa de Formación en la Práctica. La actividad del tutor (a) además de la atención a los adolescentes, se suma la asistencia y participación en la sesión de discusión de casos, en donde los tutores se reúnen una vez por semana para expresar las diferentes situaciones que presentan los adolescentes y que le permiten desde una postura de profesional reflexivo acompañados de la supervisión de tutoras expertas. (Flores y Guzmán, 2016).

En ese contexto los tutores se forman bajo el Modelo de Aprendizaje Profesional en línea y Situado (MAPLS), en donde tienen actividades en tres escenarios distintos (Flores, Lima y Guzmán, 2017); el primero es la formación teórica-metodológica llevado en la plataforma educativa Moodle; el segundo escenario es en el servicio a los estudiantes de secundaria con el programa de tutorías y el tercer escenario es la supervisión en la práctica.

Lo anterior explica *grosso modo* la forma en que funcionaba el PAES antes del confinamiento a causa del virus SARS-Co-V-2 (Secretaría de Salud, 2021). Este virus significó un cambio abrupto en la forma de vida de las personas, trayendo consigo repercusiones a nivel global en el ámbito de la salud y posteriormente en el educativo, económico, y social.

En México, la Secretaría de Educación Pública (SEP), como parte de prevención y contención del virus, suspendió las clases desde el 23 de marzo del 2020 hasta el 20 de abril del mismo año, y posterior a esa fecha se pensaba que los estudiantes volvieran a las aulas siempre y cuando las condiciones fueran apropiadas (Navarrete, Manzanilla y Ocaña, 2020). A fecha de hoy, en el que se escribe el presente resumen, 10 de octubre del 2021, apenas se comienzan a asistir a clases presenciales de manera voluntaria en

los diferentes niveles académicos (Secretaría de Educación Pública, 2021). Por lo que ha pasado más de un año desde que los estudiantes de los diferentes niveles educativos no habían pisado sus aulas físicas. En ese tenor, la pregunta es ¿Cómo respondió el PAES ante estas circunstancias?

Al respecto, en el periodo de confinamiento, las escuelas tenían que responder de forma inmediata, así que se vieron obligadas a cambiar de una modalidad presencial a un virtual, de manera abrupta y con los recursos que tuvieran, por ello comenzaron a dar clases vía videollamada, teniendo así los profesores que mudar sus estrategias de enseñanza y adaptarlas a un contexto complejo (Maggio, 2020; citado en Crespo, 2021). Y es así como se comenzaron a dar clases, este tipo de educación se conoció como educación remota emergente (Crespo, 2021), es emergente al responder a una situación difícil y excepcional, con la idea de regresar de manera inmediata a la situación previa, y es remota debido a que se buscaron soluciones de enseñanza, de instrucción y educación, totalmente a la distancia, mismas que se impartieron como si se fueran a impartir en presencial.

Y así como las escuelas se tuvieron que movilizar al cambiar su modalidad, también lo tuvo que hacer el PAES, pues posterior a los primeros meses de llevar a cabo las clases bajo esta nueva modalidad, se encontraba que la educación emergente traía consigo estragos negativos hacia la salud física y mental tanto en estudiantes como en sus familiares y docentes (Brazendale et al., 2017; Brooks et al., 2020; citado en Cifuentes, 2020). Es en este contexto donde se comenzó a atender a los estudiantes de secundaria con problemas de aprendizaje, pues no solo se enfrentaban a una situación completamente nueva, sino que, eran estudiantes que traían consigo una serie de problemas en la cuestión de comprensión lectora, elaboración de textos escritos, así como, en la realización y solución de operaciones matemáticas y adquisición de una nueva lengua, ocasionando un bajo rendimiento académico (Flores y Macotela, 2006).

## **Objetivo**

El objetivo del presente trabajo fue describir cómo es que los tutores del PAES llevaron a cabo su tutoría remota durante el ciclo escolar 2020-2021 en términos de sus prácticas efectivas y los inconvenientes que surgieron durante esta modalidad.

### Método

Se optó por un estudio de carácter cualitativo debido a que la intención de conocer el fenómeno de tutoría para atender estudiantes con dificultades de forma remota es inédito como objeto de estudio en tanto se producen datos descriptivos de las experiencias de las personas involucradas, ya sea de forma oral o escrita (Quecedo y castaño, 2002). Siguiendo así, un enfoque de estudio de caso intrínseco (Stake, 1998), debido a que se buscó en primer momento comprender el discurso de los 5 tutores de PAES para llevar a cabo la tutoría de forma remota, y además, tiene las características de estar delimitado en tiempo y lugar (Creswell, 2016), pues solo se busca comprender el periodo en específico, que es el tiempo en el que se dio tutoría durante el confinamiento.

### Participantes

Se realizó un muestreo por conveniencia con la generación de tutores de PAES del ciclo 2021-1 y 2021-2, contando con la participación de los tutores inscritos en diferentes semestres de formación 4 de posgrado (3 de 2° semestre y 1 en 4°) y 1 estudiante en licenciatura.

### Unidad de análisis

Un diseño por estudio de caso único puede presentar varias unidades de análisis (Rodríguez, Gil, y Garcia, 1999) por ello se retomaron las bitácoras de los tutores de PAES en el confinamiento, así como la bitácora general escrita todos los jueves en las sesiones de análisis de casos.

### Procedimiento

El estudio consta de cinco fases, siendo los resultados preliminares de la fase tres las que se presentarán en este trabajo:

**Fase 1. Integración en el PAES:** el investigador se integró en el PAES como tutor, durante el ciclo 2021-1 y 2021-2, tomado así funciones propias de un tutor y realizando una serie de reflexiones en su bitácora personal en donde además de lo acontecido en las sesiones de tutoría también hacía anotaciones sobre las discusiones de casos y en

general de aspectos que notaba importantes en su formación como profesional que apoya adolescentes con problemas de aprendizaje.

**Fase 2. Documentación:** en esta fase se realizó una serie de recopilación de información acerca del modelo de tutoría PAES, así como una revisión en el campo de los problemas de aprendizaje y tutoría remota.

**Fase 3. Recopilación de información y análisis:** previa autorización por parte de los tutores, se recopilaron sus bitácoras personales, así como la bitácora general, para posteriormente pasarlas al programa QDA miner, el cual es un programa utilizado para el análisis cualitativo, lo que permitió codificar y recuperar documentos textuales (Recman y Nieto, 2012). En esta fase, para analizar la información se tomó el modelo propuesto por Miles y Humberman (1984; citado en Rodríguez Gil y García, 1999) el cual consistió en reducir los datos a partir de la segmentación de unidades, para posteriormente identificar y clasificar las unidades, y con ello poder categorizar y codificar los datos. Para la categorización, no se partió de categorías a priori, y más bien se dieron a través de un proceso inductivo, llevando así una codificación abierta (Strauss, 1987; citado en Rodríguez, Gil y García, 1999).

**Fase 4. Diseño, transcripción y análisis de las entrevistas semiestructuradas:** en esta fase se buscará diseñar una entrevista semiestructurada a partir de las categorías emergentes de las bitácoras, por lo cual se llevarán a cabo las entrevistas a los tutores buscando con ello obtener mayor precisión en la descripción de cómo llevaron la tutoría remota

**Fase 5. Presentación de resultados:** Como parte de un diseño de corte cualitativo, se buscará realiza un grupo focal con los tutores, y así identificar posibles contrastes o interpretaciones inadecuados por parte del investigador

## Resultados preliminares y discusión

El discurso de los tutores en el análisis de las bitácoras se divide en dos grandes temas: La infraestructura y el despliegue de competencias del tutor(a) en la actividad de tutoría. El primero hace referencia a los inconvenientes reconocidos en esta modalidad como son el espacio físico (muchas personas en el mismo lugar, sonidos fuertes alrededor, distracciones con música, videojuegos, etc.) los aspectos tecnológicos (falta de competencias digitales, desconocimiento del uso de classroom, y plataformas, desconexión a internet, etc.) y la forma en que se solucionaban (flexibilidad en los

tiempos, utilización de recursos tecnológicos que mejor se adaptaban al momento y a su tutorado) . Mientras que en el segundo gran tema las habilidades que despliega el tutor en la actividad profesional a distancia se hicieron presentes como es el vínculo necesario para el buen desarrollo de la tutoría (Alianza) los apoyos graduados que se brindan (Andamiaje) la capacidad de cuestionar, contrastar o modificar la propia actividad con respecto a su mejora (profesional reflexivo), la necesaria vinculación con la escuela para posibles adecuaciones curriculares o comunicación de los logros en la tutoría así como la fortaleza que se logra en la vinculación con los cuidadores de tal forma que se ayuda a mejorar la imagen del adolescente en su contexto. Así como el desarrollo de la habilidad para establecer acuerdos que respete el adolescente (dormir temprano, entregar ciertas tareas, modificar conductas, etc.).

A continuación en la **Tabla 1**, se muestran los resultados de la codificación y extracción de ejemplos de las bitácoras de los tutores.

**Tabla 1**  
**EJEMPLOS EXTRADÍOS DE LAS BITÁCORAS**

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	EJEMPLOS
Infraestructura	Inconvenientes de infraestructura física	<p><b>T1:</b> C menciona que está angustiada, ya que E se distrae más rápido, por lo que hacen las personas presentes, o porque se está peinando.</p> <p><b>T5:</b> Z comenta que una situación que se dio es que L estaba rodeado de muchas personas, en especial uno de sus primos distraía mucho a L. A lo cual Z, le dijo a L que es importante que en medida de lo posible trate de pedir ese espacio a sus familiares</p>
	Inconvenientes tecnológicos	<p><b>T4:</b> Mientras que en el caso de U, comenta R que ha sido muy difícil establecer comunicación con él, debido a que comparte el celular con su hermana, y por ello es que a veces no le contesta, y R le manda muchos mensajes y audios y aun así a veces no hay respuesta.</p> <p><b>T5:</b> A las 2:00 pm me conecte por meet para comenzar la tutoría con L, después de algunos minutos me pase a la plataforma de zoom, ya que por meet no se puedo establecer la conexión</p>
	Flexibilidad tecnológica	<p><b>T1:</b> C comenta que en este sentido le ayuda a E utilizar los documentos de Google y que el auto corrector ayuda en el proceso de lectura y ve positivo estar utilizando las plataformas.</p> <p><b>T2:</b> Estamos trabajando en meet pero con extensión de Hangouts, he notado que se traba menos.</p>

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	EJEMPLOS
Despliegue de competencias del tutor	Alianza	<p><b>T2:</b> E manifestó que se siente mal, porque todo el tiempo lo están regañando y comparando con sus compañeros amigos etc., por lo cual le envió un mensaje a E diciéndole lo que sentía, en ese sentido E al final de la sesión le reconoció que a pesar de esta situación, E logro modular su conducta al expresar lo que sentía y no salirse de la sesión o hablarle mal a E</p> <p><b>T3:</b> Al entrar a nuestra sala personal le pregunté que si estaba bien, o si se sentía bien, él dijo que sí, pero igual lo notaba un poco extraño. Aun así continuamos, pues no quise insistir demasiado, y me dijo que el fin de semana no salió y estuvo en su casa jugando</p>
	Andamiaje	<p><b>T1:</b> Con E durante la tutoría, el nuevo aprendizaje de esta semana fue abrir un documento en Google docs. y compartirlo conmigo. Esto lo realizamos de la misma manera; paso a paso, y pidiéndole se fijara en las cosas que yo iba haciendo. También nos apoyamos en su conocimiento previo de copiar y pegar, para que pudiera compartirme el link, se puso muy contenta y al final de la sesión recordamos como subir un archivo desde drive, para que no se olvide de esto</p> <p><b>T5:</b> Nos pasamos a la tarea de física, en donde tenía que calcular la velocidad en la que recorrían ciertas distancias algunos aviones. Durante esa actividad me percate que L tiene alguna dificultad para realizar ciertas operaciones matemáticas, por lo que le ayude a realizar dicha operación paso a paso.</p>
	Profesional reflexivo	<p><b>T1:</b> Me hace falta aprender a usar todas las tecnologías que puedan servirle a E, para apoyarnos y así establecer una comunicación más eficaz, sé que en algunas ocasiones me cuesta trabajo aterrizar lo que ella quiere porque luego no le entiendo o ella a mí, independientemente que se distraiga, considero debo aplicar mejores estrategias tecnológicas para hacer más ágil nuestras sesiones</p> <p><b>T2:</b> Realmente puedo notar un avance significativo en E, muestra menos resistencia por hacer la tarea, y cumple su palabra de trabajar aun fuera de las sesiones, él se organiza para plantear sus metas y para mí fue muy agradable ver que sus actividades están siendo calificadas y ha obtenido notas altas</p>
	Vinculación con la escuela	<p><b>T1:</b> Por mi parte le comenté que también hablaría con la maestra G para solicitar su apoyo y de esta manera trabajar juntos en favor del aprendizaje de E</p> <p><b>T5:</b> posteriormente M llamó a Z para comentarle que había clases a las cuales no había ingresado y que existen ciertas situaciones que hacen pensar a M que tal vez L esté atravesando por situaciones emocionales difíciles para él. Z menciona que M le dijo que nota a L muy enojado.</p>
	Vinculación con los cuidadores	<p><b>T2:</b> Más tarde, la mamá me mandó un audio, donde dice que ya va a apartarse del trabajo y evitar prohibiciones a E, que debe confiar más en él y evitar puntos de conflicto, situación que pondré sobre la mesa en la discusión de casos.</p> <p><b>T5:</b> Menciona que lo que ha visto de L es que es muy atento y que lo que le ayuda es ver los ejemplos y que este cambio que vio en él se lo atribuye a la conversación que tuvo con su mamá.</p>
	Establecimiento de acuerdos	<p><b>T3:</b> Le presente una hoja de bienvenida en Word «Bienvenido J» y ahí le dije que escribiría nuestros acuerdos, estos ambos tenemos que estar de acuerdo, así que le dije que en cualquier sesión él podría agregar un nuevo acuerdo. Dentro de estos se acordó el horario de la tutoría, y también que tendríamos un momento de descanso de lo que sea que estuviéramos haciendo, y hablar de otras cosas, como nuestros gustos</p> <p><b>T1:</b> Ella habló con E respecto a la posibilidad de que su familia le pudiera dar un espacio mientras trabaja, adicionalmente C propuso tomar un receso de 5 minutos cada media hora, esta acción le ha resultado favorecedora</p>

*Nota: En esta tabla T es Tutor.*

La información nos muestra los significados, las descripciones y definiciones situadas en el contexto del PAES en el discurso de tutores que brindaron el servicio a adolescentes con problemas de aprendizaje bajo una modalidad remota emergente. Con una visión inductiva (Quecedo y Castaño, 2002) que mostraron relaciones entre las categorías descubiertas.

Los resultados sobre el despliegue de competencias del tutor coinciden con los planteamientos señalados en Flores (2006; citado en Cocolot, 2014) en los cuales el tutor desarrollará una serie de actividades que le permitan tener un nivel alto en función de sus competencias y dominio para trabajar con adolescentes, en los que se encuentra: establecimiento de una relación de alianza con el alumno y promoción de un ambiente motivante; enseñanza de estrategias bajo el contexto y tareas relevantes, adaptándolas a las características y necesidades de sus tutorados. Además, Cocolot (2014) en su diseño de un instrumento de autoevaluación para tutores de PAES, identifica como parte de competencias que debe tener un tutor de PAES es la vinculación con la familia y la escuela.

Por otro lado, se ha detectado que existen inconvenientes en cuestión de la infraestructura física y tecnológica, lo cual viene a modificar la forma de llevar la tutoría, al respecto no hay mucha información sobre esto en la literatura, por lo que habría que investigar a futuro qué es lo que reportan los estudiantes en cuanto los inconvenientes presentados durante la tutoría remota.

## Conclusiones

Los tutores del PAES realizan una serie de competencias durante y fuera de la sesión de tutoría, destacando en todo momento; la alianza, misma que se va formando y reforzando conforme pasan las sesiones, en donde el tutor es capaz de vincularse con su tutorado afectivamente, apoyándose de recursos tecnológicos como poner música, ver videos, juegos en línea, etc., para tener más cercanía; andamiaje, apoyándose el tutor de herramientas tecnológicas como el pizarrón de zoom, la búsqueda de información, videos, sonidos como apoyo; la vinculación con la familia y la escuela, misma que se vio presente pues al estar el tutorado en casa requería de una cooperación por parte de la familia al ofrecerle un espacio durante las sesiones, y con los profesores al llegar acuerdos en la forma en cómo podría realizar la tarea el tutorado y beneficiándose del uso de procesadores de textos; profesional reflexivo y establecimientos de acuerdo,

siendo estas dos las que se agregan a las competencias que un tutor(a) debe contar al estar bajo la modalidad remota.

### **Agradecimientos**

Se agradece al PAES y al centro comunitario por darnos el espacio de trabajo, así mismo, a las tutoras del PAES por la disposición al compartir sus bitácoras.



## Referencias

- Cifuentes-Faura, J. (2020). Consecuencias en los Niños del Cierre de Escuelas por Covid-19: El Papel del Gobierno, Profesores y Padres. *Revista Internacional De Educación Para La Justicia Social*, 9(3). <https://revistas.uam.es/riejs/article/view/12216>
- Cocolot, D. (2014). *La autoevaluación en los tutores del PAES: la construcción de un cuestionario* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Autónoma de México, México. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/294662>
- Crespo, D. (2021). Enseñanza remota emergente. *Polo de conocimiento*, 6(6), pp. 1040-1051. <http://dx.doi.org/10.23857/pc.v6i6.2802>
- Creswell, J., y Poth, C. (2016). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches*. Sage publications.
- Flores, R. y Guzmán, Y. (2016). Aprendizaje profesional en línea y situado en la atención de adolescentes con problemas de aprendizaje. *Revista mexicana de psicología educativa*, 5 (1), pág. 65-80.
- Flores, R. y Macotela, S. (2006). *Problemas de Aprendizaje en la Adolescencia: Experiencias en el Programa Alcanzando el Éxito en Secundaria*. Facultad de Psicología, UNAM.
- Flores, R., Lima, D. y Guzmán, Y. (2017). Modelo de aprendizaje profesional en línea y situado en psicología escolar. En *Educación y tecnología: una mirada desde la investigación e innovación*. Pág. 445-448.
- Navarrete, Z., Manzanilla, H., y Ocaña, L. (2020). Políticas implementadas por el gobierno mexicano frente al COVID-19. El caso de la educación básica. *Revista Latinoamericana De Estudios Educativos*, 50(ESPECIAL), 143-172. <https://doi.org/10.48102/rlee.2020.50.ESPECIAL.100>
- Quecedo, R. y Castaño, C. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. *Revista de Psicodidáctica*, (14), pp. 5-39 <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=17501402>
- Recamán, A. y Nieto, S. (2012). Provalis research, software especializado para el análisis de textos en la investigación educativa. Aplicación operativa. *Revista de investigación educativa*, 30 (2), pp. 397-422. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=283326278006>
- Rodriguez, G., Gil, J. y García, E. (1999). *Metodología de la investigación cualitativa*. Aljibe.
- Secretaría de Educación Pública. (2021). *Pública SEP acuerdo con las disposiciones para reanudar actividades de manera presencial en el Ciclo Escolar 2021-2022* (Publicación SEP No. 181). Gobierno de México. <https://www.gob.mx/sep/es/articulos/boletin-sep-no-181-publica-sep-acuerdo-con-las-disposiciones-para-reanudar-actividades-de-manera-presencial-en-el-ciclo-escolar-2021-2022?idiom=es>
- Secretaría de Salud. (2021). *2º informe epidemiológico de la situación de covid-19*. Gobierno de

México. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/606112/Informe\\_COVID-19\\_2021.01.11.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/606112/Informe_COVID-19_2021.01.11.pdf)

Stake, R. (1998). *Investigación con estudio de casos*. Morata.

# EL ESTUDIO DEL CONTEXTO COMO UN ELEMENTO TRASCENDENTAL PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO



*María Trinidad Contreras González\*<sup>1</sup>, Guillermo Contreras González<sup>2</sup>,  
Patricia Vilchis Esquivel<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma del Estado de México  
[mtcontrerasg@uaemex.mx](mailto:mtcontrerasg@uaemex.mx)*

*<sup>2</sup>Facultad de Odontología, Universidad Autónoma del Estado de México  
[gcontrerasg@uaemex.mx](mailto:gcontrerasg@uaemex.mx)*

*<sup>3</sup>Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma del Estado de México  
[pvilchise@uaemex.mx](mailto:pvilchise@uaemex.mx)*



## Resumen

Bajo los contextos actuales en la educación, resulta inminente la validación de los panoramas para entender la complejidad de los casos de estudio y las interrelaciones que influyen en la obtención de resultados y comprensión de los mismos. Actualmente bajo los ejercicios de inmediatez que se ejecutan en los procesos de enseñanza-aprendizaje; el abordaje del contexto se encuentra limitado, determinando así la obtención de productos con una aplicación aislada y una apropiación del conocimiento supeditada a lo que genere el estudiante de manera empírica y sin una inducción pertinente.

En el presente documento de investigación se abordó una metodología que permitió a los alumnos reconocer a la mnemotecnia como elemento trascendental para la validación del contexto; así como también seleccionar a la resiliencia como factor diferencial para la generación de aprendizaje significativo; ambos por medio del abordaje integral y profundo de los contextos para la generación de proyectos.

**Palabras clave:** contexto, enseñanza, aprendizaje, caso de estudio, análisis.

## Antecedentes

Dentro de los retos actuales en la educación resulta inminente la validación de los contextos para poder entender la complejidad de los casos de estudio de diferentes disciplinas y las interrelaciones que influyen en la obtención de resultados y comprensión de los mismos. Actualmente bajo los ejercicios de inmediatez que se ejecutan en los procesos de enseñanza-aprendizaje, el abordaje del contexto se encuentra limitado, determinando así la obtención de productos con una aplicación aislada y una apropiación del conocimiento supeditada a los enlaces mnemotécnicos posibles que genere el estudiante de manera empírica y sin una inducción pertinente.

A partir del panorama mencionado se identifica que es posible rescatar diferentes estrategias que permitan la generación de un aprendizaje significativo a partir de la comprensión del concepto de mnemotecnia y el uso pertinente de las diferentes estrategias existentes; en donde se establece que “La palabra mnemotecnia se deriva del griego mnéemee (memoria), y téchnee (arte). Una regla mnemotécnica es un sistema sencillo utilizado para recordar una secuencia de datos, nombres, números, y en general para recordar listas de datos relacionando palabras, imágenes, etc.” (Psicología, 2021)

Entonces bajo principios mnemotécnicos dirigidos bajo pautas del aprendizaje significativo; será posible generar un reconocimiento, recordación y validación de los elementos del contexto que consoliden una representación simbólica para una comprensión óptima del tema y del caso de estudio abordado. Aquello que no se identifica y se reconoce difícilmente generará una apropiación y retroalimentación.

La deficiencia en la comprensión del contexto inhibe en primera instancia la identificación de una necesidad o problemática real a resolver conformada por un tiempo y espacio particulares, actores clave, descripción cultural (tradiciones, simbolismos, ideología), trascendencia y representaciones simbólicas. En donde el estudio del contexto:

“Visto desde la necesidad que los estudiantes desarrollen enfoques reflexivos para aprender, estos referentes teóricos están mostrando que además de la importancia que tiene el contexto como elemento a tener en cuenta para ambientar la enseñanza, y esto no solo de los estudiantes sino de los docentes, va indicando cuáles aspectos de este pueden ser valiosos y que no deben quedar por fuera del análisis que el docente haga. Los presaberes de los estudiantes, competencias previas, entorno familiar, y se retoma lo mencionado previamente que responde a experiencia previa en la institución, el currículo, el contexto social, la evaluación y el mismo docente” (Aaron Gonzalez, 2016)

Es por ello que con base a las disparidades existentes en todo el alumnado dentro de cada grupo, se recomienda que exista un examen diagnóstico que permita al docente ubicar el nivel de conocimientos a priori y el bagaje cultural que posee el alumno para poder así establecer diferentes rutas para homologar el nivel grupal. Dichas estrategias subsanarán las carencias existentes en el grueso del grupo para permitir que validen los elementos contextuales de las diferentes y futuras temáticas y ejemplos o casos a trabajar.

Se recomienda que dentro de las estrategias de homologación sobre los conocimientos del alumnado exista una capacitación permanente que fomente la autogestión del alumno y la resiliencia personal y académica, en donde la resiliencia de acuerdo con (Flores Olvera, 2013, p. 6) consolida una nueva forma de trabajar que:

- “\*Permite que surja el máximo potencial de sí mismo
- \*Ayuda a afrontar las adversidades del desempeño y forma autodisciplina.
- \*Logra hacer conciencia de las capacidades y áreas de oportunidad.
- \*Propicia el cambio de aquello específico que lo requiere
- \*Incrementa la confianza en sí mismo, un alto optimismo y la sociabilidad.
- \*Fortalece la tolerancia a la frustración, de no alcanzar a la primera lo propuesto.
- \*Florece la autoestima.”

Es así que, la resiliencia puede ser comprendida como aquella capacidad para salir fortalecidos ante cualquier adversidad, desarrollando capacidades que van desde el reconocimiento del contexto hasta el afrontamiento del mismo; en donde los actores inmersos fungen como piezas clave que determinan causas, efectos e interrelaciones sin tomar un papel de víctima ante las situaciones complejas y más bien desarrollando la consolidación de una autoestima sana, fuerte y tolerante ante la frustración y los panoramas de crisis.

La incapacidad para validar, reconocer e interpretar el contexto puede surgir desde una conducta anómica la cual es definida como:

“una actitud enferma del individuo, una conducta desviada de la norma, que se caracteriza principalmente por transformar la visión real de sí mismo, por una visión errónea que demuestra la incompetencia del individuo y del grupo social para resolver problemas, para alcanzar optimismo y un alto estándar de vida, haciendo que se obtengan resultados negativos ante la adversidad. Es lo opuesto de la resiliencia nómica” (Flores Olvera, 2013, p.7)

La validación del contexto permite evaluar las condiciones reales para la resolución de una problemática en particular y así solventarlo desde los recursos existentes a partir de la autogestión, autoregulación y autopoiesis; en donde el alumno puede verse fortalecido a partir de la experiencia y de la socialización con sus pares bajo circunstancias específicas.

### Objetivo(s)

El objetivo general del presente trabajo es **Distinguir al contexto como un componente trascendental para la enseñanza y el aprendizaje significativo.**

Por lo que se determinan como objetivos específicos:

- 1.- **Reconocer a la mnemotecnia como elemento trascendental para la validación del contexto.**
- 2.- **Seleccionar a la resiliencia como factor diferencial para la generación de aprendizaje significativo.**

## Parte experimental (Metodología)

Para el abordaje de los objetivos antes planteados en el presente documento de investigación, se define una metodología de carácter cualitativo en donde se pretende reconocer, explicar y comprender los elementos objetivos y subjetivos del contexto. Es por ello que se elige al interaccionismo interpretativo, en donde "...los estudios culturales dirigen al investigador hacia una valoración crítica de cómo los individuos que interactúan, vinculan sus experiencias vividas con las representaciones culturales de tales experiencias" (Álvarez-Gayou Jurgenson, 2003, p. 73)

Es así que para el desarrollo de la parte experimental se eligió un grupo de 30 alumnos 9º semestre de Nivel Superior de la Licenciatura en Diseño Gráfico para el desarrollo de un proyecto de Marca; sin embargo, para ello se requiere el reconocimiento del contexto desde todas sus representaciones e interacciones simbólicas; así como también todas las interrelaciones y proyecciones posibles.

Se decidió que los alumnos desarrollarán las 5 etapas que se mencionan a continuación:

**Etapa 1- Reconocimiento del Marco Teórico de Marca:** Consiste en la identificación de los conceptos y teorías principales para la estructuración y consolidación de una Marca.

**Etapa 2- Proceso para el desarrollo de Marca:** Ejecución o praxis de los conceptos y teorías para la construcción de una Marca.

**Etapa 3- Casos de estudio a manera de ejemplos:** Exposición de tres casos de estudio de Marca con perfiles distintos y con un abordaje amplio del contexto, el cual les permitió lograr una consolidación trascendental en sus públicos meta.

**Etapa 4- Socialización:** Debate entre los alumnos para intercambiar valoraciones y percepciones sobre los conceptos y teorías vistos aplicados a los distintos casos de estudio expuestos.

**Etapa 5- Desarrollo de Marca en Casos particulares:** Entrega de proyectos a partir de la contextualización detallada de los trabajos realizados.

## Resultados y discusión

El proceso metodológico previsto para el abordaje del contexto permitió que los alumnos tuvieran una directriz clara sobre los objetivos planteados; sin embargo también

encontraron libertad dentro de la particularidad de cada uno de los contextos que conocieron y reconocieron para el desarrollo de las distintas Marcas trabajadas.

En la Etapa 1 sobre el Reconocimiento del Marco Teórico de Marca, los alumnos en algunos casos no tenía el referente completo sobre el Marco Teórico; sin embargo se les brindaron los elementos suficientes para abordar los conceptos y teorías que fundamentan la construcción de etapas y estrategias para la Marca; como por ejemplo la clasificación de las imágenes logotípicas existentes, la segmentación del mercado, la construcción y desarrollo de branding, etc.

Referente a la Etapa 2 se involucró a los alumnos para conocer cómo se aplican los conocimientos previamente abordados y así poder aterrizarlos en la explicación en extenso de la Etapa 3, en donde se explicaron de manera puntual 3 casos de estudio de Marca específicos. Esta etapa resultó fundamental para la comprensión de la implementación de los conceptos y teorías para el desarrollo de Marca, debido a que se expusieron los ejemplos desde todos sus elementos contextuales: ubicación geográfica, época y fecha específicos, periodo histórico en donde se gesta, personas involucradas de manera directa e indirecta, valores y protocolos sociales, descripción cultural (tradiciones, simbolismos, ideología), trascendencia y representaciones simbólicas.

Posterior a ello en la Etapa 4 correspondiente a la Socialización, los alumnos compartieron sus percepciones reconociendo los diferentes elementos contextuales que resultaban ajenos a sus referentes; a partir del diálogo con sus pares y con los docentes lograron conocer y comprender que existen otros elementos distintos al contexto propio que determinan elementos identitarios trascendentales para la construcción de una Marca.

De manera final llegaron a la Etapa 5 en el Desarrollo de Marca para casos particulares, en donde los alumnos lograron aplicar de manera puntual los conocimientos abordados de manera previa y que vieron reflejados en los elementos contextuales previamente expuestos. Es así como se reafirma que la comprensión total o lo más completa posible del contexto, determina una adecuada implementación de los conocimientos adquiridos a partir de la sensibilidad para la interpretación y reinterpretación de las subjetividades posibles y existentes.

## Conclusiones

A partir del abordaje realizado en el presente texto de investigación se infiere que la validación del contexto surge a partir de la socialización, ya que a través del diálogo es posible validar las percepciones existentes y consensar las interpretaciones adecuadas; cumpliendo así con el objetivo general antes planteado en donde se pretende distinguir al contexto como un componente trascendental para la enseñanza y el aprendizaje significativo.

Es en el proceso de reconocimiento en donde a partir de principios mnemotécnicos los alumnos logran generar una vinculación y apropiación de los elementos percibidos para poder así otorgarles un sentido y una significación particulares.

Por otra parte se establece a la resiliencia como factor diferencial para la generación de aprendizaje significativo dentro del proceso de reconocimiento, apropiación y aplicación del conocimiento, ya que el alumno va adquiriendo capacidades y habilidades a partir del abordaje de contextos y naturalezas diversas.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al grupo de 9° semestre de la Licenciatura en Diseño Gráfico de la UAEMex del periodo 2020B, su colaboración para el trabajo de campo y obtención de resultados.



## Referencias

Álvarez-Gayou Jurgenson, J. L. (2003). *Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología*. México: Paidós Educador.

Aaron Gonzalez, M. A. (2016). *Redalyc*. Recuperado el 8 de Octubre de 2021, de <https://www.redalyc.org/journal/853/85350504004/html/>

Flores Olvera, D. (2013). *La Resiliencia nómica, mejor ambiente educativo, familiar, escolar y comunitario; una nueva realidad de la familia*. . México, D. F. : Instituto Internacional de Investigación para el Desarrollo A. C.

Psicología, P. C. (8 de Octubre de 2021). *Técnicas de Estudio, las Reglas Mnemotécnicas*. Obtenido de Psicoadapta. Centro de Psicología: <https://www.psicoadapta.es/blog/tecnicas-de-estudio-reglas-mnemotecnicas/>

# ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LA EJEMPLIFICACIÓN CUALITATIVA DE LA DISMINUCIÓN DE LA TEMPERATURA DE FUSIÓN: PESCANDO UN HIELO



*Adolfo Eduardo Obaya Valdivia\**, *Carlos Montaña-Osorio<sup>1</sup>*, *Dionicio López Acosta<sup>1</sup>*

*Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Departamento de Ciencias Químicas, Sección de Fisicoquímica. MADEMS (Química)*

*Av. Primero de mayo s/n, Sta. María las Torres, Cuautitlán Izcalli, Edo. Mex. 54740. México*

*[\\*obaya@unam.mx](mailto:*obaya@unam.mx), [camo.osorio10@gmail.com](mailto:camo.osorio10@gmail.com), [Dionicio.lobar@hotmail.com](mailto:Dionicio.lobar@hotmail.com)*



## Resumen

El proyecto docente del área de química con materiales caseros que se presenta permite trasladar a nuestros alumnos de un modo práctico y muy visual los contenidos de equilibrio de fase y propiedades coligativas revisados en la asignatura de Fisicoquímica. Reconociendo la importancia de dichos conceptos en la vida cotidiana y afrontar los fenómenos que les rodean con pensamiento científico. Para realizar el experimento expuesto en este trabajo no son necesarios materiales muy complicados ni reactivos químicos difíciles de conseguir. En el presente trabajo se presenta el experimento “Pescando un hielo” en el cual se ejemplifica de manera cualitativa la propiedad coligativa del descenso de la temperatura de fusión. La puesta de los cursos línea está teniendo una buena acogida por parte de los alumnos y nos está permitiendo poner en juego gran cantidad de recursos útiles y atractivos para ellos, por otro lado, una

vez que se regrese a clases presenciales, este proyecto se puede realizar en escuelas que carezcan de laboratorio.

**Palabras clave:** equilibrio de fases, propiedades coligativas, descenso del punto de congelación

---

## Antecedentes

El avance de la ciencia en los últimos años ha sido espectacular, se han realizado importantes aportaciones en numerosos campos científicos que han repercutido en un gran desarrollo tecnológico y de otros campos que interesan a la sociedad, como la medicina. Se han desarrollado vacunas que se inhalan, coches híbridos que funcionan con gasolina y electricidad, teléfonos inteligentes cada vez con más aplicaciones, han aparecido las redes inalámbricas de Internet, los sensores inalámbricos para controlar el tráfico, la actividad sísmica, el estado de edificios y puentes, etc., la tecnología 3D se ha desarrollado hasta el punto de que ya es posible pensar en ver la televisión en 3D sin necesidad de utilizar gafas, se ha avanzado de manera decisiva en la terapia génica, se han inventado los plásticos conductores, se han desarrollado nuevos materiales, y muchas cosas más. Sin embargo, todos estos avances, que se han producido gracias al gran desarrollo de la ciencia, han originado que cada vez parezca que la sociedad está más alejada de ella. Por eso es importante acercar, de nuevo, la ciencia a la sociedad. Hoy en día parece que para hacer ciencia y entenderla hay que poseer una serie de sofisticados aparatos que únicamente pueden encontrarse en instalaciones muy especializadas donde el acceso está muy restringido, pero en este trabajo pretendemos demostrar y explicar que la ciencia es tan interesante y que se pueden realizar experimentos, para explicar y demostrar principios científicos, con material que todo el mundo tiene en la cocina o en el botiquín de su casa.

Las disoluciones que contienen solutos no volátiles presentan unas propiedades que se denominan propiedades coligativas, las cuales son función de la cantidad de soluto presentes en la disolución, siendo:

1. Disminución de la presión de vapor.
2. Disminución del punto de congelación.

3. Aumento del punto de ebullición.
4. Presión osmótica.

Estas propiedades dependen únicamente del número de partículas de soluto en disolución, asimismo, las propiedades termodinámicas como la entalpía son función únicamente del disolvente sin importar la naturaleza del soluto.

Al enfriar una disolución diluida, se alcanza eventualmente una temperatura en la cual el solvente sólido comienza a separarse. La temperatura en que comienza tal separación se conoce como punto de congelación de la disolución, que de una manera más general se define como aquella temperatura en la cual una solución particular se halla en equilibrio con el disolvente sólido. Las disoluciones se congelan a temperaturas menores que el solvente puro.

El descenso del punto de congelación de una solución es, una consecuencia directa de la disminución de la presión de vapor del disolvente por el soluto disuelto.

## Objetivos

Presentar el experimento “Pescando un hielo” como secuencia didáctica para la ejemplificación de la disminución del punto de congelación como propiedad coligativa. Determinar de manera cuantitativa el efecto en la disminución en la temperatura de fusión a través de la adición de sal común (cloruro de sodio) a la superficie de un hielo congelando a una temperatura menor y que este pueda ser pescado con un estambre.

## Método experimental

Materiales	Sustancias
Vaso de cristal	Sal común (Cloruro de Sodio)
Hilo o estambre	Agua

*Nota: Se sugiere que el calibre del estambre sea entre 1 y 2 mm y de poliéster para mejores resultados.*

## Procedimiento

1. Coloca agua en el vaso hasta tres cuartas partes de su capacidad.
2. Colocar tres hielos sin que el agua se derrame.

3. Intentar atrapar el hielo con el hilo. ¿Se puede?
4. Repetir paso (3) colocando sobre la superficie del hielo y del estambre o hilo una cucharadita de sal común.

Esperar 3 minutos.

5. Levantar el hielo tomando con cuidado el hilo o estambre.

## **Resultados y discusión**

Al colocar el hielo con agua empiezan a ocurrir dos procesos:

- 1) el hielo comienza a derretirse
- 2) el agua comienza a disminuir su temperatura

Estos procesos ocurren simultáneamente, en termodinámica quiere decir que están equilibrio termodinámico. Además, sabemos que estos dos procesos ocurren a la misma temperatura, cuando el hielo se derrite sus moléculas pasan a formar del agua y cuando el agua se congela sus moléculas pasan a formar parte de la superficie del hielo. Todo en un perfecto equilibrio.

### ***¿Qué pasa cuando agregamos la sal?***

Al rociar sal sobre el hilo en la superficie del hielo se rompe toda esta armonía y la rapidez de fusión o derretimiento es mayor que la de congelación, lo que hace que el hielo se derrita y el hilo penetre en el hielo. Sin embargo, nuestro pequeño sistema siempre quera volver al equilibrio, por lo cual el punto de congelación del agua con la sal disminuye Esto trae como consecuencia que el agua se empiece a cristalizar y el hielo se vuelve a congelar alrededor del hilo. El hilo queda completamente atrapado en el hielo (Figura 1).



*Figura 1. (Izquierda) Estambre sobre superficie de un hielo. (Derecha) Al agregar sal común sobre la superficie del hielo y el estambre, disminuye la temperatura de fusión congelando el agua presente en el estambre lo cual permite "pescar el hielo."*

La diferencia de densidades del agua y del hielo, y su implicación en el punto de fusión del hielo, permite hacer pasar un hilo a través de un bloque de hielo sin romperlo. Esto se produce porque el hielo, que es menos denso que el agua, al someterlo a una presión (la que hace el hilo con el peso), funde a temperaturas por debajo de los  $0^{\circ}\text{C}$  de forma que el hilo se hundirá un poco en el hielo. La lámina de agua que quede por encima se congelará de nuevo, restableciendo el bloque de hielo que no se romperá. Este experimento es apropiado incluso para presentar conceptos como el diagrama de fases del agua.

## Conclusiones

Como proyecto docente resulta interesante y permite trasladar a nuestros alumnos de un modo práctico los contenidos sobre la propiedad coligativa disminución del punto de congelación. Ayudando la importancia y la presencia de la Fisicoquímica en nuestra vida cotidiana, Así como a empezar a enfrentarse a los fenómenos que les rodean con pensamiento más científico. Cabe destacar, que para realizar el experimento como el expuesto en este trabajo no son necesarios materiales muy complicados ni reactivos químicos difíciles de conseguir. Por otro lado, la puesta de los cursos línea está teniendo una buena acogida por parte de los alumnos y nos está permitiendo poner en juego gran cantidad de recursos útiles y atrayentes para ellos. Con la presenta estrategia

didáctica se ejemplifica de manera cualitativa la disminución de la temperatura fusión lo cual permite pescar el hielo. La presente experiencia se puede realizar en escuelas que carezcan de laboratorio.

### Agradecimientos

PAPIME PE: 101721 Aprendizaje basado en Problemas en línea. Fisicoquímica DGAPA UNAM



### Referencias

- Ball, D. W. (2004) Fisicoquímica/ Physical Chemistry (Spanish Edition) Chemistry Department Books. Cleveland State University. I.T.P. Latin America
- Obaya, V.A., Vargas-Rodríguez, Y.M., Vargas-Rodríguez, G.I., Baltazar, A.R., Cabrera, H.J. (2013) Equilibrio de Fases (Un enfoque basado en competencias) Comité Editorial FES Cuautitlán UNAM México

# DISEÑO DE PÁGINA WEB PARA LA INCENTIVACIÓN DE DESARROLLO DE PROYECTOS EN ALUMNOS DE INGENIERÍA



*David Tinoco Varela*

<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, [dativa19@hotmail.com](mailto:dativa19@hotmail.com)



## Resumen

Las tecnologías de la información han tomado gran relevancia en los últimos años, acelerando el proceso de inclusión en la vida cotidiana, debido a la situación sanitaria provocada por la enfermedad Covid-19. Esta circunstancia provocó la volcadura de los procesos de enseñanza-aprendizaje hacia un entorno virtual y digital. Provocando que, como nunca antes en la historia, los modelos educativos se ajustaran a esta nueva modalidad. Las herramientas utilizadas a lo largo de este proceso, han sido muchas y muy variadas, y es difícil imaginar que estas herramientas serán olvidadas una vez que se regrese a la enseñanza presencial.

En un mundo cada vez más “conectado”, resulta ilógico que los procesos de enseñanza-aprendizaje queden estancados en la educación tradicional, esta debe de evolucionar hacia modelos híbridos y autodidactas.

Considerando lo ya descrito, se ha diseñado una página enfocada hacia estudiantes de ingeniería, en la cual se busca incentivar el desarrollo de proyectos tecnológicos y el interés por las temáticas de la misma, enfocada principalmente a los conceptos de inteligencia artificial y su aplicación e interrelación con la ingeniería. Esta página, no solo pretende informar acerca de los conceptos relacionados al tema, sino que busca que el lector pueda asimilarlos por medio del desarrollo de proyectos que ahí se describen y se colocan para que puedan ser descargados y utilizados.

**Palabras clave:** Educación basada en proyectos, página web, inteligencia artificial aplicada, educación autónoma

## Introducción

En los últimos años, se ha venido desarrollando un cambio de paradigmas en casi todos los aspectos de nuestra vida, desde la forma en la que nos comunicamos, hasta la forma en la que aprendemos, todo esto motivado por los avances tecnológicos y computacionales existentes.

En el momento de escribir este texto, el mundo ha tenido que voltear a ver a las posibles estrategias de enseñanza virtual para adecuarse a una realidad de confinamiento, que en este momento se ha presentado en básicamente todo el globo terráqueo. Esta situación ha obligado a miles de profesionales de la educación a plantear nuevas formas de enseñanza-aprendizaje basadas en herramientas virtuales y a distancia, poniendo los acervos de información como una parte fundamental en este proceso. Esta situación puede ser vista como una oportunidad para mutar los esquemas de enseñanza-aprendizaje pasivos a unos más activos, esquemas en los que el alumnado sea el participante principal de su educación, y en los cuales, el alumnado aprenda no solo a encontrar información, sino también a procesarla y a aplicarla en problemas tecnológicos reales. El uso de internet ha permitido el intercambio masivo de información, logrando que cualquier avance científico sea conocido en prácticamente cualquier parte del mundo en cuestión de segundos, lo que conlleva que el papel del profesor actual, sea buscar que el aprendizaje del alumno sea significativo, es decir, que tenga valor y que no solamente retengan una sucesión de conceptos que no se ajustan a la realidad con la que conviven, en esta forma, el profesor (y el sistema educativo) debe crear y fomentar ambientes de aprendizaje implicando a los alumnos en la búsqueda y elaboración del conocimiento, mediante las estrategias y actividades apropiadas (Sandoval et al., 2013).

El modelo clásico de evaluación se basa en asumir que el estudiante debe aprender lo respectivo a la materia o área de evaluación, sin embargo, actualmente la información existente de cada tema o área, se vuelve difícil de adquirir y de procesar aun por las personas más doctas en la materia. Cada día surge nuevo conocimiento, nuevas ideas y nuevas perspectivas, por lo tanto, no queda otra solución que dotar al

sistema educativo de nuevas técnicas de enseñanza que hagan más apto al sujeto para este proceso de cambio continuo (Estruch & Silva, 2006), y siguiendo este patrón es necesaria la búsqueda de estrategias académicas que evalúen el aprendizaje continuo más que la memorización de un número limitado de datos.

Por los motivos mencionados, es necesario generar herramientas de enseñanza-aprendizaje, en este caso virtuales, que fomenten la inventiva del alumnado, no solamente dándole datos teóricos, sino buscando la manera de que el alumnado aplique esos conocimientos al desarrollo de proyectos, auxiliándose de scripts, programas, diagramas y manuales diseñados exclusivamente para la aplicación ingenieril, y de esta forma, fomentar un aprendizaje que se base en la materialización de las ideas jóvenes en proyectos de alto impacto, es decir el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP).

Es curioso que aunque existen una cantidad incontable de páginas web destinadas a ingeniería e inteligencia artificial (IA), la gran mayoría solo explota los elementos conceptuales, dejando de lado la implementación de tales conceptos, lo que limita la asimilación completa de tales ideas por parte del estudiante o lector.

En este artículo se describe la creación de una página web que mezcla elementos teóricos con aplicaciones prácticas, de tal manera que un alumno pueda encontrar entre sus secciones los elementos necesarios para desarrollar sus ideas y prototipos.

## Antecedentes

Acuerdos internacionales como la Declaración de Bolonia (1999) buscan mejorar la calidad y competitividad de los estudios superiores, para este fin, se busca la implementación de la evaluación continua por medio de TIC's e internet, así como la enseñanza práctica. En concordancia con este acuerdo, es visible la necesidad de generar estrategias y herramientas virtuales de enseñanza-aprendizaje enfocadas al ABP (Krajcik & Blumenfeld, 2006), como una forma de actualización y de mejoramiento en el proceso educativo, ya que de acuerdo a Savage et al. (2008), un proyecto basado en la resolución de un problema de diseño técnico, brinda a los estudiantes un entorno contextual que hace que el aprendizaje sea relevante y centrado.

Existen diferentes elementos que pueden ser utilizados para el aprendizaje online, entre ellos las wikis (Augar et al., 2004), juegos y simulaciones (Aldrich, 2009) y repositorios (Orhun, 2004). Estos últimos de gran interés para el proyecto presentado.

Los repositorios institucionales, según Ramírez (2009), se puede entender como un sis-

tema de información que reúne, preserva, divulga y da acceso a la producción científica e intelectual de una institución académica o científica. Este concepto se puede ampliar, no solamente a la preservación y divulgación del conocimiento generado por una institución, sino que se puede generalizar para la divulgación de conocimiento en sí mismo. Un aspecto de interés es el desarrollo de repositorios generados en las universidades, Lynch (2003) define el repositorio institucional universitario, como un conjunto de servicios que la universidad ofrece a los miembros de su comunidad para la gestión y difusión de materiales digitales creados por la institución y por sus miembros. Estos se han generado a lo largo del mundo y en muy diversas universidades, mencionarlos todos sería imposible, sin embargo, existen autores que se han encargado de analizar algunos de ellos (Barrueco, et al., 2009; Martínez & Conde, 2013; Pené et al., 2015).

En el contexto de la UNAM, en México, esta también ha impulsado en los últimos años esfuerzos por generar recursos digitales de aprendizaje, entre los que se encuentran el desarrollo de Unidades de Apoyo Para el Aprendizaje, su repositorio institucional (<https://repositorio.unam.mx/>) y su campus virtual.

Si bien es cierto que la propuesta de página, no puede ser considerada un repositorio, si busca el mismo objetivo, albergar información y permitir la difusión de la misma a través del desarrollo de proyectos realizados por académicos y alumnos. En la misma línea, en el contexto de la FES-C, no se tienen previamente este tipo de herramientas, más aún, páginas de IA enfocadas a la aplicación, son elementos no existentes en las carreras de ingeniería de la UNAM (A conocimiento del autor), por lo que es un caso novedoso en el entorno definido.

## **Objetivo(s)**

El objetivo primario acerca del desarrollo de esta página, es el poder acercar a los alumnos, y lectores en general, al mundo de la IA y su aplicación en sistemas de ingeniería, buscando que el lector pueda encontrar todas las herramientas necesarias para poder llevar a cabo sus proyectos.

## **Descripción de la página web y sus alcances**

Se ha desarrollado una página web que alberga conceptos relacionados a IA y como estos pueden ser implementados en proyectos ingenieriles. Dentro de la página, con la ayuda de alumnos de diferentes carreras de la FES-C, se han desarrollado diferentes proyectos y se han montado en la página mencionada dejando, para el uso libre, la descripción de los proyectos, diagramas de instalación, scripts informáticos, y todo lo necesario para que puedan ser replicados sincontratiempos. Esta página se encuentra montada dentro de un servidor de la FES-C, con el dominio <http://virtual.cuautitlan.unam.mx/intar/>

La página cuenta con diferentes menús relacionados a temas de IA, tal como puede verse en la figura 1.



**Figura 1.** Vista principal de la página desarrollada, en donde se pueden observar menús relacionados a redes neuronales, lógica difusa, entre otros.

Dentro de los diferentes temas presentados en la página, se van colocando pequeños proyectos y scripts que servirán de auxilio en el entendimiento del mismo, sin embargo, existe una sección específicamente dedicada al desarrollo de proyectos.

Algo importante de mencionar, es que esta página ha servido para atraer alumnos interesados en la temática, y con quienes se ha logrado su participación en diferentes foros académicos, locales, nacionales, e incluso internacionales.

En la figura 2, se puede ver el impacto que la página ha tenido en diferentes regiones del mundo, viendo que, la región con más impacto es México, seguida de Perú y Estados Unidos. En la misma línea, podemos observar en la figura 3, el impacto que

ha tenido la página en los últimos 20 días, al momento de escritura de este artículo. Aunque sale un poco del interés de este trabajo, en la figura 4 es posible observar los buscadores que más han sido utilizados para ingresar en la página.

Es importante mencionar, que esta página no solo contiene conceptos y proyectos, también ha servido como centro de almacenamiento de las herramientas necesarias para la generación de prácticas de laboratorio de las asignaturas “Sistemas basados en Redes Neuronales” y “Sistemas Inteligentes”, ambas impartidas en la carrera de ITSE de la FES-C.

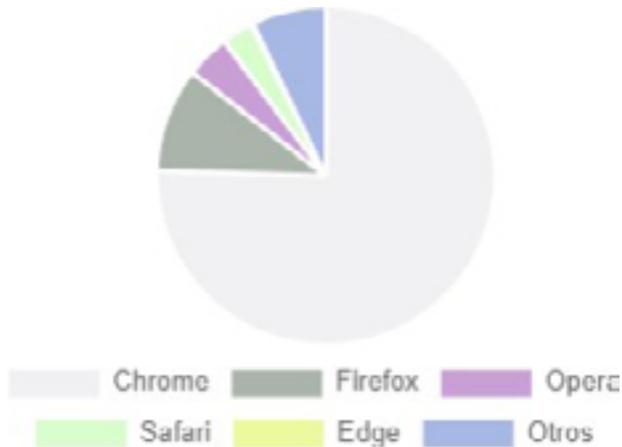
Adicionalmente, se ha utilizado como un elemento auxiliar en el proceso de enseñanza-aprendizaje, dirigiendo a los estudiantes a trabajar sobre las bases ya desarrolladas. En esta página, han participado alumnos de la Licenciatura en Tecnología, ITSE e IME. Esta página alberga un sub dominio, enfocado a la organización y difusión de un congreso estudiantil, en el cual han participado estudiantes y académicos de nivel medio hasta posgrado, de diferentes partes de la república mexicana y extranjero. Este congreso se realiza con la intención de que los alumnos puedan participar activamente en el desarrollo y difusión de ideas relevantes tecnológicamente, y de esta manera, lograr que otros estudiantes puedan sentirse motivados al encontrar en los exponentes individuos “cercaños” a ellos y que no sean vistos como “los doctores” o “los profesores” lejanos a su realidad académica. El subdominio <http://virtual.cuautitlan.unam.mx/intar/ceiaait/> puede verse en la figura 5.

Puesto	Bandera	País	Contador de visitantes
1		Mexico	3,747
2		Peru	397
3		United States	197
4		Spain	195
5		Colombia	190
6		Bolivia Plurinational State of	181
7		Argentina	138
8		Ecuador	108
9		Netherlands	103
10		Russian Federation	96

**Figura 2.** Impacto de la página sobre diferentes regiones del planeta.



**Figura 3.** Impacto en los últimos 20 días, considerados a la fecha de escritura de este artículo.



**Figura 4.** Buscadores más populares para ingresar a la página.



**Figura 5.** Sub dominio de la página intar.

De esta sub página es posible observar por medio de la figura 6, que las regiones donde ha impactado más es en México,seguido de Estados Unidos y Ecuador.

Puesto	Bandera	País	Contador de visitantes
1		Mexico	1.842
2		United States	234
3		Ecuador	124
4		Germany	33
5		Colombia	28
6		France	24
7		Ireland	20
8		Canada	19
9		Russian Federation	15
10		Peru	14

**Figura 6.** Impacto de la página ceiaait sobre diferentes regiones del planeta.

## Conclusiones

Existe una predisposición negativa acerca de la enseñanza *online*, incluso en este momento, después de haber utilizadode forma sistemática la educación virtual por más de un año, existen sectores poblacionales que no consideran este tipode herramientas como “adecuadas” para la enseñanza, sin embargo, estas herramientas son y serán de gran utilidad para la educación, en este caso, práctica y autónoma. El diseño de la página descrita, está pensado para que un lector interesado, a pesar de no estar inscrito

en una ingeniería, puede aprender las bases e implementarlas en un proyecto práctico para comprender de forma global el “alma” del área.

Se ha observado de forma empírica, que los alumnos se ven motivados a desarrollar proyectos, si saben que otras personas bajo “sus mismas circunstancias” también los han desarrollado previamente, más aún, si encuentran las herramientas necesarias para llevar a cabo sus ideas, los lectores ven “fácil” la implementación y no se ven desanimados en realizarla.

Esta página, en compañía de otros elementos, ha sido utilizada para impulsar el desarrollo de ideas de los estudiantes, y a partir de ellas, el desarrollo de artículos y presentaciones en foros especializados, lo cual es la fortaleza más grande de este proyecto.

### **Agradecimientos**

Los autores agradecen a la UNAM-DGAPA y a la FES-C por el financiamiento del proyecto PAPIME PE100221 yPIAPIME (4.31.04.21 ).

Así mismo, se agradece a todos los alumnos que han participado en la generación de proyectos para que la página siga creciendo, es difícil poner los nombres en este párrafo, pero todos ellos aparecen nombrados en la página.



## Referencias

- Sandoval, M. J., Mandolesi, M. E., & Cura, R. O. (2013). Estrategias didácticas para la enseñanza de la química en la educación superior. *Educación y educadores*, 16(1), 126-138
- Estruch, V., & Silva, J. (2006). Aprendizaje basado en proyectos en la carrera de Ingeniería Informática. *Actas de las XII Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática (JENUI, 2006)*. Deusto, Bilbao, del, 12, 339-346
- De Bolonia, D. (1999). Declaración conjunta de los Ministros Europeos de Educación. Disponible en la dirección [https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/6/6948/Declaracion\\_bolonia.pdf](https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/6/6948/Declaracion_bolonia.pdf) (consultada en noviembre de 2019).
- Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. C. (2006). Project-based learning (pp. 317-34). na.
- Savage, R., Chen, K., & Vanasupa, L. (2008). Integrating project-based learning throughout the undergraduate engineering curriculum. *Journal of STEM Education*, 8(3).
- Augar, N., Raitman, R., & Zhou, W. (2004, January). Teaching and learning online with wikis. In *Beyond the comfort zone: proceedings of the 21st ASCILITE Conference, Perth*, 5-8 December (pp. 95-104). ASCILITE.
- Aldrich, C. (2009). *Learning online with games, simulations, and virtual worlds: Strategies for online instruction* (Vol. 23). John Wiley & Sons.
- Orhun, E. (2004). Web-Based Learning Materials for Higher Education: The MERLOT Repository. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 3(3), 73-78.
- Ernesto Ramírez. (04 de febrero del 2009). Los repositorios institucionales en México. <http://www.ceids-hgm.mx/los-repositorios-institucionales-en-m%C3%A9xico>
- LYNCH, C.A. (2003). Institutional Repositories: Essential Infrastructure for Scholarship in the Digital Age. *ARL Bimonthly Report*, 226, 1-7. ([www.arl.org/newsltr/226/ir.htm](http://www.arl.org/newsltr/226/ir.htm)).
- Barrueco, J. M., García, C., & FESABID. (2009). Repositorios institucionales universitarios: evolución y perspectivas. Zaragoza: Fesabid, XI Jornadas Españolas de Documentación.
- Martínez, A. C., & Conde, E. R. (2013). Participación y visibilidad web de los repositorios digitales universitarios en el contexto europeo. *Comunicar*, 20(40), 193-201.
- Pené, M. G., Unzurrunzaga, C., & Borrell, M. (2015). Repositorios institucionales universitarios argentinos, un acercamiento a sus colecciones. In *IV Jornadas de Intercambio y Reflexión acerca de la Investigación en Bibliotecología* 29-30 de octubre de 2015 La Plata, Argentina. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Bibliotecología.

# LA INTERVENCIÓN EN LÍNEA COMO ACCIÓN TUTORA EN EL COLEGIO DE CIENCIA Y HUMANIDADES PLANTEL NAUCALPAN



*Adriana Jaramillo Alcantar<sup>2</sup>, Guillermo Itzamna Platas Jiménez<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Naucalpan, UNAM, [jaadriana123@gmail.com](mailto:jaadriana123@gmail.com)

<sup>2</sup>Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Naucalpan, UNAM  
[guillermoitzamna.platas@cch.unam.mx](mailto:guillermoitzamna.platas@cch.unam.mx)



## Resumen

La intervención tutora es una acción primordial en la labor del tutor que se ha enfatizado y ha adquirido mayor relevancia a partir de la atención en línea derivado de la pandemia por la COVID-19.

Atendiendo los objetivos principales del Programa Institucional de Tutoría (PIT), que forma parte de un programa integral del Colegio de Ciencias y Humanidades, cuyo eje principal es brindar tutoría a los alumnos de dicho colegio, con la finalidad de mejorar la calidad académica, evitar el rezago y abandono escolar; tiene distintas metodologías de acción y modalidades de intervención. Atendiendo de manera remedial y preventiva, la intervención tutora es una actividad que el tutor, con apoyo de los docentes y la misma institución, puede lograr resolver situaciones y problemáticas que los alumnos presentan día a día por sus diferentes contextos, necesidades y circunstancias.

Con el fin de evitar el rezago y abandono académico, es necesario atender de manera pronta y óptima dichas situaciones, mediante el apoyo coordinado de los involucrados. De esta manera, se llevan a cabo las intervenciones tutoras que han permitido la pronta atención y el correcto seguimiento de los que los alumnos.

**Palabras clave:** Tutoría, Rezago escolar, Trabajo en línea, Intervención tutora, abandono escolar.

---

## Antecedentes

Considerando que El Colegio de Ciencias y Humanidades es un bachillerato de la UNAM en el que se promueve la cultura básica y se fomenta al alumno que adquiera conocimientos, habilidades, actitudes y valores que propicien su trayectoria, personal, académica y profesional con responsabilidad y compromiso con la sociedad y sea capaz de continuar sus estudios a nivel superior.

Se atiende los objetivos del Colegio, que son la mejora de la calidad de los aprendizajes de los estudiantes, con el propósito de continuar a la innovación en la educación media superior en el país y contribuir así con las demandas de la sociedad y acorde al modelo educativo del cual el Colegio se rige.

La tutoría es una línea de acción prioritaria que se enmarca en el Colegio a través del Programa Institucional de Tutorías (PIT) que este, a su vez, forma parte del Sistema Institucional de Tutoría (SIT), siendo este último institucionalmente formado en toda la UNAM.

La tutoría busca acompañar el proceso de aprendizaje, contar con el apoyo de los docentes del grupo y atender de manera adecuada las necesidades académicas de cada semestre. Acorde al Programa Institucional de Tutorías, los objetivos para este proyecto están alineados al programa, estos son:

**Objetivos**

Coadyuvar al mejoramiento de la calidad de los aprendizajes de los alumnos en todas sus materias.

Contribuir a la disminución de los índices de reprobación, rezago y deserción escolares, con particular atención al turno vespertino.

Promover acciones orientadas a fortalecer la responsabilidad y autonomía de los estudiantes en concordancia con el Modelo Educativo del Colegio

**Figura 1.** *Objetivos del PIT.*

De esta forma, la tutoría es una labor docente que implica procesos de comunicación y colaboración entre docentes del mismo grupo, siendo uno de ellos el tutor, con lo cuales define y multiplica la acción tutorial hacia todos los alumnos de cada grupo, semestre y turno.

Por lo que, la tutoría no debe considerarse como una actividad ajena a la docencia. Más bien, se apoya fundamentalmente en la labor docente, a través de una buena comunicación y colaboración que permitan establecer los puentes necesarios entre la tutoría y la docencia frente a grupo. Esta actividad se realiza de forma natural cuando el propio docente es tutor del mismo grupo.

### **Problemática**

Con base en lo anterior, la tutoría puede ampliar sus horizontes de atención y prevención durante el ciclo escolar a través de varias acciones y modalidades, basados en sus lineamientos, metodologías y estrategias.

Uno de los importantes retos de esta labor tutorial, es en primera instancia, elevar la calidad de los aprendizajes de los alumnos, con el fin de incrementar el número de egresados con la formación propedéutica necesaria para incorporarse a las licenciaturas y a la vida profesional en la sociedad. Esto es un compromiso no solo de los docentes, sino de todos los que participan en la formación de los alumnos, entre ellos, los tutores. Además, otro reto que está presente en todo momento es evitar el rezago o retraso académico de los estudiantes, que, por diversas causas de toda índole, afectan la trayectoria escolar de los alumnos evitando el desarrollo académico y personal y su respectivo éxito académico.

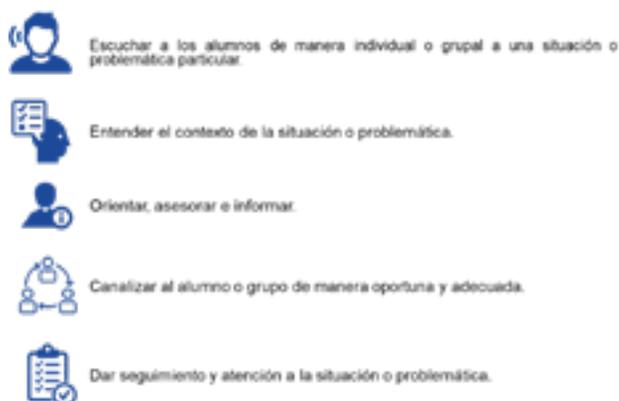
En el CCH los alumnos se enfrentan día a día con diferentes problemáticas y dificultades que impiden su logro académico, es común que su contexto personal sea factor importante en el desempeño de ellos en las aulas. Situaciones socioeconómicas, familiares, de salud, emocionales, de orientación, entre otros, son las causas que su desarrollo académico se vea afectado.

La tutoría atiende a los alumnos mediante tres tipos de intervención que son: Inductiva, Preventiva y Remedial en sus modalidades de intervención: Individual, pequeño grupo, grupo-clase, ya sea en presencial, híbrida y ahora en línea.

### Estrategia de acción

Unos de las principales acciones de intervención Preventiva y remedial dentro de la tutoría son las intervenciones tutoras, pero ¿qué son estas intervenciones tutoras?

Las sesiones de intervención de tutoría se realizan con alumnos o grupos que reportan y presentan situaciones complejas en las que se requiere el apoyo y seguimiento por parte del tutor, el programa institucional de tutorías y también, si es necesario, con alguna otra instancia del plantel. Los objetivos de las intervenciones tutores son los siguientes:



**Figura 2.** *Objetivos de la intervención tutora.*

En dichas intervenciones tutoras, se han presentado distintas problemáticas, necesidades de atención y situaciones que requieren ser abordados de distintas maneras. A partir del trabajo en línea debido a la pandemia por la COVID-19 en la que de manera global ha estado presente ya más de año y medio, la labor tutorial se ha hecho más compleja en la modalidad en línea, además, de la misma manera, las problemáticas y situaciones

de los alumnos, sus situaciones y problemáticas se han intensificado. Este aumento de casos y situaciones ha sido tal, que se han registrado la atención de hasta 3 intervenciones por día (personales o grupales).

Ante esta problemática, la necesidad de atención a través de intervenciones tutoras ha aumentado, a su vez, se ha adaptado para llevarse a cabo en línea. La atención en estas sesiones de intervención se ha categorizado en 6 ejes principales, son los siguientes:



**Figura 3.** Ejes temáticos de los problemas.

Los problemas académicos, son todos aquellos que están presentes directamente en su situación académica, problemas en clases, con la evaluación, participación en clase, situaciones especiales con profesores, problemas técnicos para que la participación en sus sesiones, entre otros más. Entre los problemas administrativos más comunes tenemos, confusión en fechas de trámites escolares, atención de programas o áreas del colegio, participación con talleres, cursos, y actividades extracurriculares, solicitud de trámites y documentos específicos.

Los problemas socioafectivos, son aquellas situaciones sociales y afectivas en las que las relaciones interpersonales, familiares, compañeros de clase o profesores están afectando directamente su desempeño académico. Aunado a esto, tenemos los problemas psicológicos engloban las situaciones emocionales, psicológicas que los alumnos están padeciendo o presentando, que por el tipo de problemática requiere un apoyo especializado y personal.

También se presentan algunas problemáticas que requieren de atención jurídica, entre ellos el Bulling, acoso, violencia de toda índole, discriminación y mucho más entre compañeros, clases, profesores, alumnos o misma institución. Por último y menos importante, más en estos tiempos de pandemia, las problemáticas de salud directas e indirectas que los alumnos presentan y que por esto mismo su desempeño escolar se ve afectado.

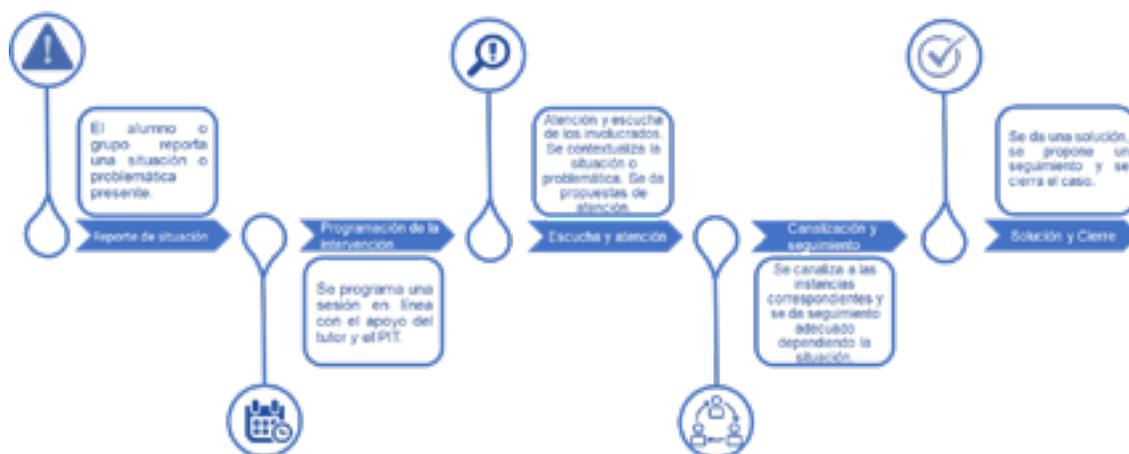
Las problemáticas más frecuentes atendidas por este medio, tomando los 6 ejes temáticos son:

1. Problemas relacionados con un profesor: Mala comunicación, calificaciones erróneas, ausencia del profesor, casos especiales, Corrección de calificaciones
2. Reporte de problemas de Salud
3. Poca o nula comunicación con profesores
4. Poca o nula comunicación con alumnos.
5. Faltas de respeto a profesores y/o alumnos.
6. Problemas técnicos con plataformas digitales y aulas virtuales.

Este tipo de atención preventiva y remedial en la tutoría es fundamental para lograr atender y apoyar a los alumnos de manera adecuada, dando seguimiento y canalizándolos, si es necesario, para su atención y evitar el retraso y rezago escolar.

La intervención tutora en línea, se lleva a cabo de la siguiente manera:

### Proceso para la intervención tutora en línea



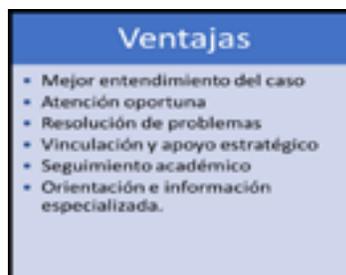
**Figura 4.** Proceso para la intervención tutora en línea.

A su vez, para llevar a cabo esta acción como medios usados para llevarse a cabo, los principales son:



**Figura 4.** Medios usados para una intervención.

La modalidad de intervención tutora en línea se ha distinguido porque ha facilitado las intervenciones grupales, así como una atención más pronta, permitiendo la participación inmediata y simultánea de las áreas y departamentos en las que se vincula y trata el caso del o los estudiantes. Ha permitido que la labor de cada tutor permita el adecuado seguimiento de cada caso, así como una atención más oportuna. Se ha logrado la solución de algunos casos en el mismo tiempo que se atienden mediante esta acción. Las ventajas de la intervención tutora en línea, para esta labor, se mencionan a continuación.



**Figura 5.** Ventajas de la intervención tutora en línea

Además, se ha logrado vincular a los alumnos para su atención óptima a distintos áreas y departamentos del Colegio, Institución o incluso externos. Esto ha permitido que los alumnos tengan una atención adecuada, un seguimiento oportuno y sobre todo el apoyo especializado en conjunto, para la solución de sus problemáticas o situaciones. A continuación, se enlistan las áreas y departamentos más comunes a los que se vincula a los alumnos.

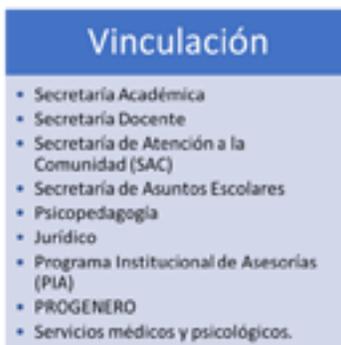


Figura 6. Áreas y departamentos principales de vinculación en la intervención tutora en línea.

## Conclusiones

La acción tutorial es fundamental como apoyo estrechamente directo a la labor docente, entre las acciones tutorales, las intervenciones de tutorías bajo el Programa Institucional de Tutorías (PIT) son una gran estrategia para llevar a cabo a la solución de situaciones y problemas que continuamente se presentan.

Los tutores son parte fundamental es estas acciones, ya que permiten el mejor desempeño y eficiencia en el seguimiento y atención de los casos. Las áreas de vinculación son esenciales para lograr la solución de los problemas.

Además, no es posible llevar a cabo sin la coordinación de todas las áreas, y sin el apoyo de la dirección del Colegio y la administración de la misma institución. El estrecho trabajo en conjunto e institucional permite acciones para estar en contacto con la comunidad y apoyar desde el PIT local a todos, alumnos, tutores, profesores y padres de familia, y así, favorecer en todos los aspectos el mejor desempeño académico universitario.



## Referencias

- Colegio de Ciencias y Humanidades. (2003). *Programa Institucional de tutoría*. Cuadernillo Azul. Primera edición. UNAM
- Colegio de Ciencias y Humanidades. (2016). *Programa Institucional de tutoría*. UNAM
- Colegio de Ciencias y Humanidades. (08/noviembre/2019). *Suplemento Especial. Gaceta CCH Lineamientos de PIT y PLA*. UNAM.
- Gaceta CCH. (17 de enero de 2020). *Protocolo de equivalencias para el ingreso y la promoción de los Profesores Ordinarios de Carrera del Colegio de Ciencias y Humanidades*. Gaceta CCH Suplemento especial. UNAM
- Gaceta CCH. (4 de junio de 2021). *Cuadernillo de Orientaciones 2021-2022*. Gaceta CCH Suplemento especial. UNAM.
- Garcilaso, A. (2013). “Programa de Seguimiento Integral (PSI) en el marco del Programa Institucional de Tutoría” en, *Tutoría. Fundamentos y experiencias*. Memorias del Primer Congreso del Sistema Incorporado.
- Narro, J., Arredondo, M. (2013). “La tutoría. Un proceso fundamental en la formación de los estudiantes universitarios”. *Perfiles Educativos*, Vol. XXXV, núm. 141, 2013 | IISUE-UNAM.
- Rodríguez, E. (2004). *Manual de tutoría universitaria*. Recursos para la acción. Barcelona, España.

# EL VIDEO COMO UNA HERRAMIENTA PARA LA ENSEÑANZA



*Oscar Sánchez Baños<sup>1</sup>, Víctor Hugo Hernández Gómez<sup>2</sup>*

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México,  
Departamento de Ingeniería  
[sboscar@cuautitlán.unam.mx](mailto:sboscar@cuautitlán.unam.mx)<sup>1</sup>, [vichugo@unam.mx](mailto:vichugo@unam.mx)<sup>2</sup>*



## Resumen

El presente trabajo analiza diversos documentos e investigaciones publicadas para justificar la necesidad de un replanteamiento de los métodos didácticos empleados por los profesores Universitarios y las posibles ventajas de la utilización de videos educativos en el aula, con una orientación hacia la construcción teórica conceptual de su uso didáctico. Actualmente, tanto jóvenes como niños, son nativos digitales; para ellos el vídeo es un canal natural e intuitivo de comunicación. La educación multimedia favorece a la enseñanza mediada por las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), esta ha tenido un gran impacto en los últimos años a nivel mundial, principalmente después de la pandemia del 2019, permitiendo que los estudiantes puedan adquirir los conocimientos de una forma dinámica, potenciando su creatividad y la atención del alumno, dando como resultado el aprendizaje, esto también dependiendo de la manera en que los estudiantes se involucren y participen en las actividades de clase. Esto constituye un gran reto para los docentes en el proceso enseñanza aprendizaje, debido a que la gran mayoría son migrantes tecnológicos digitales, y deben adaptar el uso de las TIC a su práctica docente.

**Palabras clave:** Enseñanza-aprendizaje, Vídeo, TIC, Nativos digitales, Migrantes tecnológicos

## Introducción

Para el estudiante, su educación es muy importante, ésta le dará las herramientas básicas necesarias para hacer frente a múltiples escenarios. Para el docente el dilema es como enseñar de una manera adecuada. Con el uso de las TIC, se pretende tener una educación multimedios eficiente, que permita desarrollar las habilidades deseadas en el alumno para su vida futura, debido a este motivo el profesor puede emplear diversos métodos y recursos digitales como herramientas que tengan la capacidad de atraer la atención de los estudiantes, una de ellas es el video que implica utilizar la vista y el oído, por lo que el cuestionamiento podría ser ¿Cuáles son las ventajas de este como herramienta educativa? Es una respuesta difícil de contestar, algunos autores comentan al respecto, por ejemplo, Bravo afirma “No resulta fácil definir qué es el vídeo, o al menos, hacerlo de una forma clara y contundente. Lo cierto es que la filmación es uno de los medios didácticos que, adecuadamente empleado, sirve para facilitar a los profesores la transmisión de conocimientos y así lograr que los alumnos centren su atención en la información que están recibiendo, dando como consecuencia la asimilación de éstos”. (Bravo, 1996)

Entre otras ventajas el uso del vídeo en clase ofrece: cambiar el ritmo habitual del aula e innovar en las rutinas diarias, gracias a la imagen el estudiante puede aprender y comprender la información los elementos no verbales, captando la posición corporal de los interlocutores, sus gestos y miradas, y desarrollará capacidades como la empatía. La videograbación puede ser una buena herramienta para la enseñanza en los distintos niveles educativos y de manera significativa en las instituciones universitarias en la educación superior (García, 2014). para que realmente tenga una buena implementación debe emplearse de manera adecuada con el fin de obtener los resultados esperados. De esta forma el docente debe saber con exactitud lo que desea enseñar, y para esto se requiere de una planeación didáctica minuciosa y exhaustiva, para que el alumno

aprenda, puesto que la planeación educativa es uno de los elementos más importantes dentro del salón de clases. Rueda afirma. “La planeación es un elemento indispensable para la orientación de todas las acciones vinculadas con la organización escolar, más aún ahora en que las exigencias derivadas de grandes cambios sociales se vuelcan hacia la escuela en busca de la definición y el cumplimiento de nuevas funciones” (Rueda, 2011)

La incorporación de las TIC en la educación debe incluirse dentro de la planeación y saber exactamente dónde y cuándo utilizarlo, no se trata de un fin, sino de un medio para mejorar el proceso de aprendizaje, por lo que se debe planear su utilización, evaluado cuidadosamente el vídeo educativo como estrategia de enseñanza, además al momento que se va a presentar debe ser congruente con los objetivos, desde el punto de vista del contenido. Es importante resaltar que el uso de estos debe hacerse con medida, incluso en la educación a distancia, ya que se puede abrumar al alumno con cantidades exageradas de impactos visuales, llegando a repercutir negativamente en el aprendizaje. El profesor o facilitador, también debe tener muy claro qué es lo que va a hacer antes, durante y después de la visualización del vídeo en sus clases, ya sea online o presencial. No sólo es necesario determinar para qué enseñar y qué enseñar, sino también cómo enseñar (Gómez, 2002). Para ello, es aconsejable hacer una introducción y presentación del vídeo, explicando en qué consiste, cuál es su objetivo y qué detalles se deben tomar en consideración cuando se esté visualizando. Si entre las condiciones en las que se debe desarrollar la visualización del vídeo se especifica para qué es y en algún momento se hacer alguna pausa para agregar comentarios o realizar preguntas. (Marit Acuña, 2019) Su misión consistirá en hacer hincapié sobre aquellos aspectos que tal vez no quedan completamente claros en el vídeo o por su grado de dificultad o interés especial para esa clase, es necesario resaltar.

### **Aplicación del video educativo**

El uso de videos educativos en el aula está produciendo resultados concretos en la mejora de la participación y el rendimiento de los estudiantes, por no mencionar la satisfacción del maestro. La encuesta State of Video in Education 2018 de la plataforma de video Kaltura encontró que el 92% de los educadores ven el video como una mejora de la satisfacción de los estudiantes con su experiencia de aprendizaje. Parece que estamos en el umbral de algo significativo. (Forrester, 2021)

El uso de vídeos y material audiovisual en el aula fortalece la creatividad y la atención del alumnado, dando resultados directos en el aprendizaje. A la hora de conseguir que los estudiantes se involucren y participen en las actividades de clase, estos serán sin duda una herramienta adecuada. (Elesapiens, 2019)

Si bien los videos educativos no pueden reemplazar a los maestros, pueden lograr explicar algunas cosas que el profesor no. Por un lado, el contenido visualmente rico atrae la atención de los estudiantes mucho mejor que una descripción verbal. Piense en describir los anillos de Saturno con letras contra ver las imágenes reales transmitidas desde la sonda Cassini. Los videos transportan a los estudiantes sin esfuerzo a cualquier lugar. No todos los vídeos poseen la suficiente información de cubrir todo un contenido, ya que eso depende de muchos factores, tales como: intención educativa del vídeo, habilidades del docente con las herramientas audiovisuales o de los recursos tecnológicos, así como del material didáctico del cual se dispongan.

La capacidad que tiene el vídeo para transmitir un contenido educativo completo se denomina potencialidad expresiva, en la tabla 1 se muestran los tres niveles en los vídeos educativos.

Hay una lista creciente de videos educativos listos para usar en clase, YouTube<sup>1</sup> es un buen lugar para empezar. Pero, usar plataformas de video educativo dedicadas como myViewBoard Clips, que no contiene anuncios y permite realizar preguntas puede ser una gran opción, Khan Academy y TEDEdx también pueden ser utilizadas.

*Tabla 1. Niveles en los vídeos educativos*

Expresividad	Potencialidad
Baja	Los vídeos que sólo contengan imágenes estáticas, alusivas al tema, y que requiera de la intervención del profesor para darle significado real a lo que se está viendo, sólo sirve como un medio de apoyo, debido a que por sí solos no generan aprendizaje.
Media	Los vídeos con imágenes y sonidos, pero contienen suficientes detalles que permitan aclarar dudas o reforzar conocimiento, ya que requerirá la intervención del docente durante su transmisión, pero en menor medida, ya que el profesor sólo aclarará detalles de la información.
Alta	Un vídeo educativo cuya intención tenga un objetivo didáctico completo con teorías, ejemplos y demostraciones concluyentes, además durante la transmisión o al final de este, el estudiante deba adquirir conocimiento o habilidades, ya que por sí solos, son capaces de transmitir un contenido educativo de aprendizaje del tema a tratar.

<sup>1</sup>YouTube es la principal una red social de videos online.

Muchos docentes están aprovechando esta oportunidad para incluir los vídeos como recurso de aprendizaje, no importa la modalidad educativa con la cual trabajan. Además, los nuevos modelos de aprendizaje activo como el Flipped Classroom, los cursos online b-learning y recientemente los MOOCs, respaldan este gran recurso educativo como una estrategia didáctica imprescindible en la planeación didáctica. (Forrester, 2021)

En caso de seleccionar uno de los vídeos que existen en la web, es importante estar atento con el derecho de autor y si éste permite la descarga libre y opciones de edición, con el fin adaptarlo a lo que necesitamos.

### Tipos de vídeos educativos

Se puede definir un vídeo educativo como el compendio de recursos audiovisuales grabados, que cumplen un objetivo didáctico previamente formulado, esta definición, es muy amplia, ya que abarca cualquier tipo de vídeo que esté dentro de la categoría. Por ello, es conveniente recurrir a algunos autores para clasificarlos de acuerdo con su objetivo.

Existen muchas categorizaciones para el vídeo educativo, de acuerdo con su intención, en la tabla 2 se presentan los cinco tipos de video según la clasificación de M. Schmidt, (Forrester, 2021)

*Tabla 2. Tipos de video según la clasificación de M. Schmidt. Fuente: Forrester, 2021*

Tipo de video	Su intención
Instructivos	Su misión está en lograr que los estudiantes dominen un determinado contenido.
Cognoscitivos	Pretenden dar a conocer diferentes aspectos relacionados con el tema que se está estudiando.
Motivadores	Tienen como fin, disponer positivamente al alumno hacia el desarrollo de una determinada tarea.
Modelizadores	Presentan modelos a imitar o a seguir.
Lúdicos o expresivos	Es utilizado por los estudiantes como un medio de expresión, a través de las habilidades y del conocimiento de la herramienta.

Edgar Dale, quien demostró en su famoso “cono de la experiencia” que el aprendizaje adquirido es percibido por los sentidos, sus estudios concluyen que en general se aprende el 10% de lo que se lee, 20% de lo que se escucha, 75% de lo que se ve y oye, finalmente el 90% de lo que se hace. (jjpalacios, 2014)

### **Los beneficios del vídeo educativo en el proceso de aprendizaje**

El auge de Internet, la telefonía móvil y la tecnología digital ha modificado la situación del conocimiento, transformando de fondo las formas de comunicación, educación y socialización, más significativamente en los niños y jóvenes actuales que en los adultos; por tal razón, es importante retomar el contexto en que los niños están modificando sus formas de aprehender y de integrarse a esta nueva realidad. En la sociedad del conocimiento la integración de los medios de comunicación masiva tradicionales y los nuevos medios de comunicación generan otras posibilidades y escenarios de interacción del niño con su entorno y, por ende, de su proceso de formación. (Ibarra y Llata, 2010) Cualquier vídeo puede emplearse en clases independientemente de la forma narrativa que se haya empleado en su realización, lo importante es la intención de este, de acuerdo a los objetivos planteados, es decir, un banco de imágenes grabadas, una película, etc., pueden ser considerados vídeos educativos, si se insertan con un fin pedagógico.

Con el auge tecnológico, ya no hace falta ser experto y tener un estudio de grabación para crear vídeos educativos; hasta con el móvil teléfono inteligente, tablet o computadora es suficiente, algunos aspectos técnicos y didácticos que se deben tomara en cuenta al momento de elaborarlo, para aprovecharlos al máximo.

Al aprovechar el poder de los videos educativos en clase, los maestros no solo pueden dar vida al aprendizaje con contenido inspirador, sino que también pueden liberar su propio tiempo. Salman Khan, fundador de Khan Academy, dice que, la introducción de herramientas digitales como los videos educativos ayuda a “humanizar” el aula. La proyección de videos deja a los maestros libres para guiar la discusión en clase. (Forrester, 2021)

### **¿Qué es el Aprendizaje híbrido? retos y como superarlos**

Si el vídeo se verá presencialmente durante una clase, no apague la luz, puesto que los estudiantes no están en el cine, están aprendiendo y deben estar atentos, tomando

notas, que le servirán para realizar actividades. Si el vídeo es para verlo online, fuera de clase o en cursos a distancia, utilice herramientas que permitan realizar actividades web, y al existir la posibilidad de repetir el vídeo puede incluir actividades con un grado de dificultad superior.

Los nuevos modelos de aprendizaje están centrados en el estudiante, por lo tanto, se recomienda que se le permita que ellos se expresen mediante vídeos educativos. Estableciendo espacios en el aula donde puedan explicar y visualizar material audiovisual creado por ellos mismos, ya sea demostrando experimentos, métodos, técnicas, metodologías, etc. Se deben diseñar actividades y tareas para que el estudiante las realice de esta manera despertando el ingenio y creatividad los alumnos, demostrarán lo aprendido y el docente podrá constatarlo.

Existen herramientas como Edpuzzle, la cual permite agregar preguntas al vídeo, audio y observaciones. Además, se puede configurar para que los estudiantes se registren con el fin de llevar un seguimiento de los resultados de las respuestas del cuestionario, tiempo invertido, cuántas veces se vio el vídeo, etc.

Otra herramienta web es la aplicación oTranscribe. es gratuito y no es necesario registrarte, permite a los estudiantes tomar notas en algún vídeo o audio. Estas notas pueden ser dudas, citas bibliográficas, ideas, entre otras.

Vialogues es una plataforma gratuita que permite crear debates a partir un video propio o bien de videos existentes en sitios como Youtube o Vimeo, la cual permite que los estudiantes interactúen con los vídeos añadiendo comentarios con una marca de tiempo y contesten preguntas. Puede ser una gran herramienta para conseguir que a partir de un vídeo se genere una discusión o debate.

## Conclusiones

El vídeo educativo puede ser una alternativa adecuada para lograr un aprendizaje significativo en el estudiante. El docente tiene que realizar una planeación bien organizada y jerarquizada de lo que utilizará dentro del aula al emplear recursos multimedia o de video mediados por las TIC, en caso contrario, todo el trabajo que se presente será meramente de distracción y sin ningún propósito ni sentido, por lo que en este caso el profesor tiene un trabajo arduo, al emplear el video debe tener claros los objetivos a alcanzar con la introducción de este, para luego poder elaborar una guía didáctica completa junto con las actividades a desarrollar antes, durante y después de su proyección,

puede ser una gran ayuda pero no cualquier video puede ser utilizado para alguna actividad y esto conlleva realizar una investigación minuciosa, exhaustiva y adecuada para que el video elegido cumpla el objetivo, y de esta manera los alumnos adquieran los conocimientos y el aprendizaje esperado.

Como estrategia didáctica, puede llegar impactar positivamente al estudiante en las distintas fases del proceso aprendizaje. Brindando la posibilidad al estudiante de analizar y evaluar la realidad a partir de descripciones e imágenes, que en ocasiones resultaría imposible o muy difícil percibirlo, con la simple explicación del docente. Es fundamental para darle un carácter activo en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

### **Agradecimientos**

Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME, proyecto 106821.



## Referencias

- Bravo, I. (1996). ¿Qué es el vídeo educativo? *Comunicar*, (6), pp.100-105, recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15800620>
- Elesapiens (2019). Los beneficios de usar vídeos educativos en el aula. Recuperado de <https://www.elesapiens.com/blog/videos-educativos-en-el-aula/> abril 22. Elesapiens Admin.
- Forrester. (2021). El problema de los profesores con el aprendizaje asistido por video. <https://myviewboard.com/blog/es/education-es/videos-educativos-aprendizaje-asistido-por-video/>
- Fulgencio Ortiz Ortiz (2019): “Ventajas del uso de videos educativos como herramienta de enseñanza en nivel de educación básica”, *Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo* (marzo 2019). En línea: <https://www.eumed.net/rev/atlante/2019/03/videos-educativos-ensenanza.html>
- García Matamoros Manuel Antonio. (2014). Uso Instruccional del video didáctico. *Revista de Investigación*, vol. 38, núm. 81, enero-abril, pp. 43-67. Universidad Pedagógica Experimental Libertador. Caracas, Venezuela.
- Gómez López Roberto. (2002). Análisis de los métodos didácticos en la enseñanza. *Publicaciones*, 32, 2002. UNED de Málaga
- Ibarra López Armando Martín, Llata Gómez Dania Eliza de la. (2010). Niños nativos digitales en la sociedad del conocimiento: acercamientos conceptuales a sus competencias. *Razón y Palabra*, núm. 72, mayo-julio, 2010
- jipalacios (2014) <https://foroapymajesuitas.blogspot.com/2014/02/2014> Edgar Dale (1932). *Methods for Analyzing the Content of Motion Pictures* Y Salman Khan.
- Marit Acuña. (2019). El Vídeo Educativo como recurso dinamizador del Aprendizaje. <https://www.evirtualplus.com/video-educativo-como-recurso-aprendizaje/>
- Rueda, M. (2011). La investigación sobre la planeación educativa. *Perfiles Educativos*, (33), 3-6, recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=13218531001>

# INNOVACIÓN Y ACCESIBILIDAD UNIVERSAL: UN COMPROMISO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR PARA LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD



*Eska Elena Solano Meneses*

*Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma de México, [eesolanome@uaemex.mx](mailto:eesolanome@uaemex.mx)*



## Resumen

Este trabajo tiene por objetivo reflexionar sobre la deuda que tiene la educación universitaria para la inclusión de las personas con discapacidad (PcD), con la intención que sea considerada al momento de emprender toda gestión educativa.

Se apoya en un método analógico que inicia con un análisis comparativo de documentos y programas oficiales contrastándolos con el cumplimiento de los compromisos y objetivos contraídos, sobre todo en términos de accesibilidad universal.

Como resultado se evidencian la falta de acciones concretas que garanticen el acceso y la calidad en la educación para PcD, con una clara contrastación entre las políticas y los hechos.

Las conclusiones ofrecen propuestas que reflexionen como prioridad la consideración de la accesibilidad universal, que posibilite el acceso, la comprensión y el uso de un modo cómodo, seguro y eficiente para todas las personas, incluidas la PcD, de manera que se garantice una educación de calidad e inclusiva.

**Palabras clave:** Accesibilidad Universal, Inclusión, Educación Superior, Personas con Discapacidad, Políticas Públicas.

## Antecedentes

En México, existe un gran vacío en los tres niveles de gobierno en materia de Educación para la discapacidad, misma que se ha exacerbado en la presente administración.

Los documentos oficiales señalan planteamientos que distan de ser ciertos. El Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, plantea ‘No dejar a nadie atrás, no dejar a nadie fuera’ (Gobierno de México, 2019), pero no señala acciones concretas que garanticen el acceso y calidad de educación para PcD, amén que existen grandes rezagos en lo relativo a accesibilidad universal.

Las acciones gubernamentales, no sólo sobre educación, sino sobre discapacidad, han sido asistencialistas; traducidas en apoyos económicos a PcD, que no resuelven de raíz ni el acceso, ni la calidad de la educación.

A falta de una guía del gobierno e instancias claras, la mayoría de las universidades en México, tanto públicas como privadas, actúan de manera independiente e improvisada acorde a sus intereses, posibilidades y criterios.

Se considera importante que instancias oficiales tomen medidas al respecto, ya que, siendo la Convención de los Derechos para las Personas con Discapacidad una iniciativa mexicana, resulta indignante que las gestiones educativas sigan invisibilizando la demanda de innovaciones que incluyan a este, y a todos los sectores de la población.

## Objetivo(s)

México presenta un panorama universitario complejo: está conformado por universidades e instituciones universitarias públicas y privadas a lo largo de todo el país. En México hay 5 mil 343 escuelas e instituciones de nivel superior y una población universitaria de más de 3.6 millones de alumnos (Islas, 2017). Sin embargo, al existir realidades y acciones distintas que el contexto mismo genera, las estrategias y actividades que se plantean en las instituciones de educación superior (IES) públicas son distintas a las acciones que se plantean en IES privadas: cada universidad implementa acciones diversas que buscan resolver los problemas que el contexto cercano les plantea. Esto trae como consecuencia una ausencia de homologación de criterios y mecanismos de apoyo, ya que en México la atención que se da a PcD en universidades públicas y privadas son totalmente distintas. Se considera que la manera de homologar esta diversidad de criterios sería la innovación de un protocolo homologado apoyado en

la accesibilidad universal, desarrollado por instancias oficiales en coparticipación con las mismas instituciones universitarias que conduzcan hacia una verdadera inclusión. Este trabajo tiene por objetivo reflexionar sobre la deuda que tiene la educación universitaria para la inclusión de las personas con discapacidad (PcD), con la intención que sea considerada al momento de emprender toda gestión educativa.

### Marco teórico

Hoy en día, un importante concepto vinculado con la educación es la accesibilidad universal. A diferencia del diseño universal o el diseño para todos, la accesibilidad universal implica “un modelo de intervención integral que busque la plena accesibilidad” (Alonso, 2007, p. 18), en el que se conjuguen medidas, políticas, programas y estrategias que van más allá de la eliminación de barreras físicas.

Se entiende, así que los problemas creados por la falta de accesibilidad se encuentran relacionados no con el diseño, sino con el ejercicio de derechos y cumplimiento de obligaciones y, por tanto, no se pueden solucionar de manera total con el diseño universal (Alonso, 2007). Esto implica una revisión más profunda de las cuestiones que obstaculizan un logro, por lo que se requiere de una visión sistémica para su análisis, lo que involucra la inserción de la totalidad de actores inmersos, instancias, leyes, programas, etc. Es por esto que este trabajo incorpora un marco teórico apoyado en instancias oficiales, pero da voz también a instancias inmersas de manera directa en la problemática como lo es la Red de Instituciones de Educación Superior Mexicanas por la Discapacidad y no Discriminación (RED IESMEDD, 2020).

Desde el enfoque de derechos humanos es necesario plantear el rezago que existe en la educación superior con relación a las PcD. En el 2009 la Campaña Latinoamericana por el Derecho a la Educación elaboró el Informe “Derecho a la educación de las personas con discapacidad en América Latina y el Caribe”, donde señala la importancia de la educación inclusiva tanto en un marco nacional como internacional, marcando como origen de este derecho los señalamientos realizados en el artículo 26 de La Declaración Universal de los Derechos Humanos de 1948 (ONU, 2015, p.54).

De ello se deriva la obligación de las instituciones educativas por vigilar el respeto por el derecho a la educación de PcD, considerando la distancia que separa el concepto de integración con el de inclusión. La integración, (práctica más generalizada en las universidades en México) cumple con la aceptación de los alumnos cD sin hacer

ajustes, ni procurar los apoyos necesarios para atender sus necesidades particulares. Acorde a Crosso (2014, p.83), esta *práctica, contrario a lo esperado, suele provocar aislamiento y constituir un obstáculo más que una ayuda para las PcD.*

Señala asimismo esta autora que la discrepancia que existe entre el marco jurídico y los recursos disponibles en las instituciones educativas, constituye por sí mismo una violación a los derechos de las PcD, al tiempo que evidencia una falta de voluntad política. Esta falta de voluntad se hace indudable en el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024, mismo que señala como uno de sus principios “no dejar a nadie atrás, no dejar a nadie fuera” (Gobierno de México, 2019, p.12) estableciendo una perspectiva de inclusión que observa: diversidad cultural, la igualdad entre hombres y mujeres, preferencia sexual o diversidad ideológica o política; pero en ningún momento hace señalamientos hacia las PcD, lo que trasgrede acuerdos y compromisos internacionales que se asumieron para implementar políticas públicas, que derivan de necesidades intrínsecas de las PcD, sobre todo en materia de educación.

A lo largo de este Plan Nacional las únicas menciones que se hacen acerca de las PcD son: a).- en materia de Política Social donde se plantea un Programa Pensión para el Bienestar de las Personas con Discapacidad que consiste en un monto del apoyo económico es de 2 mil 250 pesos bimestrales (Gobierno de México, 2019, p. 45) y b).- en materia de Deporte donde se plantea apoyar el deporte de personas con discapacidad (Gobierno de México, 2019, p.68).

Como se aprecia, el derecho a la educación, que se constituye en la base para empoderar material y económicamente a las PcD, se encuentra ausente.

Por su parte, la ANUIES, en su propuesta para renovar la educación superior en México titulada *Visión y Acción 2030*, señala un compromiso de fortalecimiento “de los programas y acciones para eliminar las disparidades... para garantizar el acceso, en condiciones de igualdad, a las personas en situación de vulnerabilidad, incluidas las personas con discapacidad.” (ANUIES, 2018. P.115), sin embargo, no existen protocolos, ni programas especiales que al momento posibiliten el cumplimiento de este objetivo.

## Método

Se desarrolla un método analógico que realiza un análisis comparativo entre el Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024 (Gobierno de México, 2019) y el documento de Vi-

sión y Acción 2030 de la ANUIES (2018) contrastándolos con iniciativas particulares de instituciones, con la intención de observar coherencia en los objetivos y enfoques desarrollados, así como medir los alcances en cada caso.

## Resultados y discusión

Una vez analizadas las disparidades y coincidencias entre las diferentes instancias (Gobierno de México y ANUIES), es posible contrastarlas con la realidad que se vive al interior de las instituciones universitarias en México, mismas que dan cuenta de la falta de coherencia, transferencia y vinculación entre las mismas.

Esta realidad descrita a continuación resulta de señalamientos hechos por la RED IESMEDD en un informe ante la UNESCO (RED IESMEDD Red de Instituciones de Educación Superior Mexicanas por la Discapacidad y no Discriminación, 2020).

Los señalamientos sobre la educación universitaria para PcD son:

- a) Existen dificultades generados por la transferencia a formatos virtuales derivadas de la falta de acceso a internet o medios digitales
- b) Existe escasa o nula accesibilidad de los medios y plataformas digitales usados como herramientas para la educación virtual
- c) Hay falta de conocimiento y actualización de datos sobre la población catalogada como PcD dado que no existe una base de datos de las PcD que están en todas las universidades del país
- d) Existe invisibilización de este colectivo como sujetos de derecho y como miembros activos de la comunidad universitaria.
- e) Existe estigmatización en algunos casos debido a la presencia de prejuicios en torno a las capacidades de las propias personas con discapacidad
- f) Está presente en muchos casos una discriminación indirecta debido a la falta de ajustes y recursos que posibiliten el tránsito por las aulas universitarias.
- g) Entre las acciones tomadas por algunas universidades están:
  - I. Capacitación emergente a docentes en el manejo de herramientas para educación virtual
  - II. Capacitación conjunta de padres e hijos cD.
  - III. Implementación de censos improvisado para conocer la situación de los alumnos: acceso a computadoras, internet, redes, plataformas etc. que permitan el desarrollo de educación virtual, pero sin enfoque para PcD.

Como se aprecia, existen deficiencias que vuelven a sintetizarse bajo el concepto de accesibilidad universal, por lo que su atención se considera como el eje que permitirá un acercamiento a los objetivos planteados.

En general, las necesidades específicas de las PcD no han sido atendidas, sino limitadamente al concepto de accesibilidad física (rampas, ajustes razonables en los espacios, por los espacios físico, aun con limitaciones y poco encadenadas y sin continuidad); consecuencia de considerar la sólo la circulación de personas con discapacidad motora, omitiendo otros tipos de discapacidades (como la auditiva o visual). Poco o nada se ha hecho en términos de accesibilidad universal: en material educativo (material auditivo, táctil, braille), procesos administrativos, didácticos (considerando flexibilidad para adaptarse a las diferentes condiciones), procesos de evaluación (alejarse de estándares homogéneos y tipificados), capacitación de los docentes para atender alumnos bajo el enfoque de diversidad (carencia de intérpretes de lenguas de señas), etc.

Si bien se puede decir que se han dado algunas adecuaciones, las cuales muchas veces no son específicas para las personas con discapacidad, resultado de un ejercicio poco reflexivo y de la falta de una política concreta y fundamentada conforme a una perspectiva de derechos humanos, por lo que los resultados no apuntan a mejorías en torno a la calidad de vida de las PcD.

Igualmente se tendrían que considerar algunas pautas para la etapa de gestión administrativa, que muchas veces se convierte en el primer obstáculo para el acercamiento de las PcD a las instituciones educativas de nivel superior, al respecto se puede señalar:

- Considerar la accesibilidad de las páginas web de las instituciones de educación superior
- Evaluar la accesibilidad de los recursos digitales e impresos mediante los cuales se brinda la información necesaria para que una persona pueda tomar decisiones respecto a su proceso de formación.
- Revisar la accesibilidad de los formatos de registro de aspirantes a ingresar a una institución universitaria
- Revisar la formulación de las preguntas que permiten la identificación y reconocimiento de los estudiantes con discapacidad para tener un censo correcto de las PcD
- Revisar las estrategias de canalización de los apoyos que ofrece la institución para aspirantes con discapacidad

- Realizar ajustes razonables que se pueden efectuar en prácticas de aplicación de examen de admisión

Todos estos señalamientos dan testimonio del saldo pendiente que tienen tanto las instancias gubernamentales como las instituciones universitarias para innovar, en términos de un protocolo sustentado en la accesibilidad universal, para impulsar la inclusión de las PcD en la educación superior.

## Conclusiones

Se concluye que, en términos de innovación, es necesario partir de un enfoque de inclusión y equidad. Una de las materias básicas de la innovación educativa, y quizá la primordial, tendría que estar centrada en la accesibilidad universal, puente fundamental para la inclusión y cumplimiento de los derechos de las PcD (Naciones Unidas, 2017). Es necesario repensar cómo se hace educación universitaria en México, y empezar a accionar los planes y políticas públicas vertidas por diferentes instancias, pero que poco han permeado en el día a día. Igualmente es importante dejar de pensar que la accesibilidad se limita al espacio físico, que, si bien resulta importante, no lo es todo. La práctica educativa se debe rediseñar desde lo administrativo, lo académico, hasta lo físico-espacial y pensarse en cada una de sus etapas. El rediseño ha de llevarse a cabo con protocolos que transcurran por una adecuada difusión de las ofertas de las universidades, los procesos de selección desligados de tipificaciones excluyentes, los procesos administrativos, académicos, de tutoría y apoyo, etc. para asegurarse de que el estudiante cD pueda culminar sus estudios universitarios con éxito, mismos que garanticen un mejoramiento en su calidad de vida.

La innovación tiene un compromiso insoslayable: vigilar mediante la accesibilidad universal, la generación de protocolos para la inclusión de las PcD en la educación universitaria. Innovar no es evolucionar; sino revolucionar.



## Referencias

- Alonso, F. (2007). Algo más que suprimir barreras: conceptos y argumentos para una accesibilidad universal. Trans. Recuperado el 14 de abril de 2020, de <https://revistas.uma.es/index.php/trans/article/view/3095/2859>
- ANUIES. (2018). Visión y acción 2030 Propuesta de la ANUIES para renovar la educación superior en México. México: ANUIES. Recuperado el 10 de junio de 2020, de [http://www.anui.es/media/docs/avisos/pdf/VISION\\_Y\\_ACCION\\_2030.pdf](http://www.anui.es/media/docs/avisos/pdf/VISION_Y_ACCION_2030.pdf)
- Crosso, C. (26 de agosto de 2014). El Derecho a la Educación de Personas con Discapacidad: impulsando el concepto de Educación Inclusiva. Obtenido de RED IBEROAMERICANA DE EXPERTOS EN LA CONVENCIÓN DE LOS DERECHOS DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD: <http://www.repositoriocdpd.net:8080/handle/123456789/413>
- Gobierno de México. (2019). Plan Nacional de Desarrollo 2019-2024. México: Gobierno de México. Recuperado el 12 de mayo de 2020, de <https://framework-gb.cdn.gob.mx/landing/documentos/PND.pdf>
- Islas, L. (7 de marzo de 2017). ¿Cuántas universidades hay en México? Unión.
- Naciones Unidas. (2017). Convención sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. Comité sobre los Derechos de las Personas con Discapacidad. ONU.
- ONU. (2015). Declaración Universal de los Derechos Humanos. (ONU, Ed.) Recuperado el 10 de marzo de 2020, de [https://www.un.org/es/documents/udhr/UDHR\\_booklet\\_SP\\_web.pdf](https://www.un.org/es/documents/udhr/UDHR_booklet_SP_web.pdf)
- RED IESMEDD Red de Instituciones de Educación Superior Mexicanas por la Discapacidad y no Discriminación. (2020). Informe para IESALC UNESCO. México: IESMEDD.

# PROCESOS PEDAGÓGICOS EN LAS ARTES Y EL DISEÑO: ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN EDUCATIVA PARA PROPICIAR LA COLABORACIÓN Y COMUNICACIÓN EN ASIGNATURAS PROYECTUALES



*Alma Elisa Delgado Coellar<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[delgadoelisa@cuautitlan.unam.mx](mailto:delgadoelisa@cuautitlan.unam.mx)*



## Resumen

La educación en todos los niveles y grados, tiene multiplicidad de formas de abordaje y perspectivas. Particularmente, la Educación Superior, plantea importantes retos de diversificación, que sugieren la complejidad del nivel por la multiplicación de campos disciplinares, enfoques de enseñanza, planes de estudio, perfil del alumno, organización institucional, atención psicopedagógica, política pública, macro tendencias internacionales y otra infinidad de elementos que intervienen en el fenómeno.

En el presente se aborda la educación superior en el ámbito del diseño, específicamente de la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual y su complejidad de impartición en modalidades mediadas por tecnologías digitales, ya sea por la contingencia sanitaria por Covid-19 que llevó a los sistemas educativos del mundo entero a la impartición remota, o bien, porque la concepción de la licenciatura, responde a la modalidad a distancia del Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia (SUAYED) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Esto, pone de manifiesto

como unidad de análisis: la mediación tecnológica para la enseñanza de las asignaturas y la transición de los programas de Educación Superior a modalidades con carácter híbrido. Lo que, obliga a reconceptualizar las metodologías de enseñanza-aprendizaje y las estrategias, dado que la enseñanza de disciplinas proyectuales, como el diseño, tiene características propias de complejidad al tener mayor relevancia el espacio del taller, como espacio de experimentación que articula los saberes teóricos, históricos, metodológicos, tecnológicos y expresivos del diseño a través del desarrollo del pensamiento proyectual, que para Venturini y Marchisio (s.f.) también se denomina “pensamiento abductivo” y que: “constituye la base de las operaciones creativas características del campo del diseño” (Venturini y Marchisio, s.f., p.1).

Por tanto, referirse a la educación en diseño implica exponer una serie de problemas propios de la naturaleza disciplinar, las cuales trascienden en diferentes niveles, desde lo macro: instituciones de educación superior, escuelas y facultades de diseño; hasta los mismos actores y su interpretación de, cómo debe enseñarse y aprenderse la disciplina. De esta forma, la problemática central de la enseñanza en disciplinas proyectuales radica en la necesidad de instrumentar metodologías propias que favorezcan el desarrollo del pensamiento proyectual integrando los saberes teóricos, históricos, expresivos y de representación, tecnológicos y técnicos, así como metodológicos del diseño; en cuanto a la micro dimensión, se contempla a los sujetos que intervienen en el proceso, alumnos y profesores, que dan vida y naturaleza a los contextos sociales y de intervención directa en el marco de la cultura y de contextos específicos; por lo tanto, se pretende que la investigación se inserte en el marco de la educación en artes y diseño. Lo anterior, implica una comprensión de ¿qué es y cómo se configura el pensamiento proyectual en el marco de los procesos de socialización educativa mediada por tecnologías digitales?, y esto, pone de manifiesto la pertinencia de una construcción epistemológica del pensamiento proyectual en y para la educación y profesionalización del diseño.

En el caso de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC), se imparte la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual en modalidad presencial y a distancia, por tanto, esta dualidad de la modalidad de estudio permite reflexionar sobre el cómo se desarrollan y bajo que condiciones los procesos de enseñanza-aprendizaje, por un lado la experimentación en el denominado taller de diseño con la asignatura medular de la licenciatura: Diseño; y por otro lado, su complejidad de impartición en modalidades mediadas con tecnologías digitales a distancia. No solo la asignatura de diseño, sino todas aquellas de naturaleza práctica, como Geometría, Dibujo, Ilustración,

entre otras. De esta forma, la complejidad de impartición de estas asignatura radica en muchas cuestiones:

La atención a los diversos intereses disciplinares que convergen en el taller de diseño, donde se deben situar ejemplos de aplicación al campo profesional y generar una plataforma de conocimiento compartido (teórico, metodológico, técnico-tecnológico, creativo, proyectual).

### **¿Qué elementos de innovación educativa se presentan?**

La propuesta integra el uso de plataformas tecnológicas que no representan un costo para los estudiantes, tales como el Google Classroom, para lo cual, solo requieren una cuenta de correo en Gmail, que tiene carácter gratuito. Aunque la innovación, no radica en la plataforma tecnológica, sino en su aprovechamiento con el carácter colaborativo para instrumentar una estrategia que favorezca la interacción entre los estudiantes, que con la plataforma oficial de la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual (DCV) se dificulta y se vuelve unidireccional profesor-alumno.

En este caso, gracias a las herramientas colaborativas de Google Drive y Classroom, se busca favorecer la socialización de los saberes entre los alumnos, un trabajo entre pares y la innovación radica en el cambio de perspectiva entre la unidireccionalidad del conocimiento a la multidireccionalidad (pares, pares-profesor, profesor-pares).

### **¿Qué cambios favorece en el contexto en el que se desarrolla?**

La colaboración entre los alumnos. En sí, favorece los procesos de socialización. En la licenciatura DCV perteneciente al Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia de la UNAM, muchas veces el alumno trabaja de manera solitaria, generando autonomía como un factor fundamental, pero también se requiere de la colaboración, sobretodo en el aprendizaje de disciplinas proyectuales, cuyo carácter es de naturaleza visual y la experiencia de aprender se da por la observación, análisis y argumentación de las diferentes formas en que cada alumno y el grupo completo resuelve un ejercicio, plantea una solución, atiende un caso. Por tal motivo, la estrategia, tiene como foco promover la socialización de los saberes del diseño tridimensional.

### **Ámbito de intervención educativa:**

Se plantea para los alumnos del segundo semestre de la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual perteneciente al Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia de la UNAM. Es un grupo de 30 alumnos, sin embargo, esta estrategia la vendría implementando en próximos ciclos académicos para favorecer a varias generaciones de alumnos, propiciando la colaboración y trabajando con las adecuaciones de la tecnología disponible y abierta.

La estrategia busca favorecer el pensamiento creativo, particularmente en el caso de disciplinas proyectuales, se hace foco en la construcción con el alumno del pensamiento proyectual, que es aquel que permite analizar retrospectiva y prospectivamente el planteamiento de un problema/necesidad/requerimiento en torno al diseño. El pensamiento proyectual, pone foco en el proceso, más que en el resultado, ya que es en él, en donde el alumno investiga, analiza, argumenta, posibilita, contrasta los elementos que le permitan diseñar, como un acto reflexivo y crítico para la creación de medios, materiales, espacios, objetos, etc.

### **Introducción**

La educación en todos los niveles y grados, tiene multiplicidad de formas de abordaje y perspectivas. Particularmente, la Educación Superior, plantea importantes retos de diversificación, que sugieren la complejidad del nivel por la multiplicación de campos disciplinares, enfoques de enseñanza, planes de estudio, perfil del alumno, organización institucional, atención psicopedagógica, política pública, macro tendencias internacionales y otra infinidad de elementos que intervienen en el fenómeno.

En el presente se aborda la educación superior en el ámbito del diseño, específicamente de la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual y su complejidad de impartición en modalidades mediadas por tecnologías digitales, ya sea por la contingencia sanitaria por Covid-19 que llevó a los sistemas educativos del mundo entero a la impartición remota, o bien, porque la concepción de la licenciatura, responde a la modalidad a distancia del Sistema de Universidad Abierta y Educación a Distancia (SUAYED) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Esto, pone de manifiesto como unidad de análisis: la mediación tecnológica para la enseñanza de las asignaturas y la transición de los programas de Educación Superior a modalidades con carácter

híbrido. Lo que, obliga a reconceptualizar las metodologías de enseñanza-aprendizaje y las estrategias, dado que la enseñanza de disciplinas proyectuales, como el diseño, tiene características propias de complejidad al tener mayor relevancia el espacio del taller, como espacio de experimentación que articula los saberes teóricos, históricos, metodológicos, tecnológicos y expresivos del diseño a través del desarrollo del pensamiento proyectual, que para Venturini y Marchisio (s.f.) también se denomina “pensamiento abductivo” y que: “constituye la base de las operaciones creativas características del campo del diseño” (Venturini y Marchisio, s.f., p.1).

Por tanto, referirse a la educación en diseño implica exponer una serie de problemas propios de la naturaleza disciplinar, las cuales trascienden en diferentes niveles, desde lo macro: instituciones de educación superior, escuelas y facultades de diseño; hasta los mismos actores y su interpretación de, cómo debe enseñarse y aprenderse la disciplina. De esta forma, la problemática central de la enseñanza en disciplinas proyectuales radica en la necesidad de instrumentar metodologías propias que favorezcan el desarrollo del pensamiento proyectual integrando los saberes teóricos, históricos, expresivos y de representación, tecnológicos y técnicos, así como metodológicos del diseño; en cuanto a la micro dimensión, se contempla a los sujetos que intervienen en el proceso, alumnos y profesores, que dan vida y naturaleza a los contextos sociales y de intervención directa en el marco de la cultura y de contextos específicos; por lo tanto, se pretende que la investigación se inserte en el marco de la educación en artes y diseño. Lo anterior, implica una comprensión de ¿qué es y cómo se configura el pensamiento proyectual en el marco de los procesos de socialización educativa mediada por tecnologías digitales?, y esto, pone de manifiesto la pertinencia de una construcción epistemológica del pensamiento proyectual en y para la educación y profesionalización del diseño. En el caso de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC), se imparte la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual en modalidad presencial y a distancia, por tanto, esta dualidad de la modalidad de estudio permite reflexionar sobre el cómo se desarrollan y bajo que condiciones los procesos de enseñanza-aprendizaje, por un lado la experimentación en el denominado taller de diseño con la asignatura medular de la licenciatura: Diseño; y por otro lado, su complejidad de impartición en modalidades mediadas con tecnologías digitales a distancia.

No solo la asignatura de diseño, sino todas aquellas de naturaleza práctica, como Geometría, Dibujo, Ilustración, entre otras. De esta forma, la complejidad de impartición de estas asignatura radica en muchas cuestiones:

La atención a los diversos intereses disciplinares que convergen en el taller de diseño, donde se deben situar ejemplos de aplicación al campo profesional y generar una plataforma de conocimiento compartido (teórico, metodológico, técnico-tecnológico, creativo, proyectual).

Por su estructura dentro del plan de estudios, es un requisito su acreditación continua para el avance curricular, ya que conforma el eje estructurante de la licenciatura.

Los temas y objetivos de la asignatura de Diseño 2, que requieren de manipulación de materiales, uso de instrumentos de medición, construcción de maquetas, espacio para operar la tridimensionalidad, observación de ejemplos y retroalimentación constante por parte del docente para articular las cuatro unidades que comprende la asignatura. El desarrollo del pensamiento proyectual en el estudiante, que implica pensar en diseño, partiendo de observación de la realidad, comprensión de conceptos sobre la disciplina, integración de experiencias de manipulación de técnicas y materiales, implementación de formas de representación y expresión, atención a los procesos (las formas o metodologías propias de la disciplina que tienen un carácter iterativo, analógico, dialéctico), configuración de esquemas, diagramas, sistemas de procesamiento de la información para proyectar.

A lo anterior expuesto, se adiciona la heterogeneidad de los estudiantes y sus intereses, que se diversifican en el perfil del estudiante a distancia y el presencial, por rangos de edad, escolaridad previa, así como su adhesión a estructuras sociales, económicas y culturales distintas, su historia de vida y sus procesos de aprendizaje individualizados. De esta forma, la impartición de asignaturas de naturaleza proyectual, tal como Diseño, Geometría, Ilustración o Dibujo resultan de gran complejidad, por incorporar en su saber contenidos teóricos, técnicos, tecnológicos, metodológicos, creativos y proyectuales. En el caso específico de Diseño II, la cual se ubica en el segundo semestre dentro de la malla curricular, esta asignatura se cursa una vez que los estudiantes han acreditado 'Diseño I' en donde se proporcionan los principios del lenguaje de diseño que constituyen la base disciplinar; la particularidad de Diseño 2, radica en la experimentación con los materiales para la construcción y proyección sobre el espacio tridimensional, además de ser punto convergencia de los saberes en otras asignaturas del plan de estudios con el objeto propio de diseñar, cuestión por la cual, su enseñanza requiere de una intervención docente centrada en la acción, la supervisión y el seguimiento constante en todo el proceso de diseño, propiciando el desarrollo del pensamiento proyectual a través de diferentes estrategias.

## 2) Proyecto pedagógico de acción docente

### 2.1. Valorización y rescate del saber del profesor sobre la problemática elegida.

Esta asignatura de DISEÑO 2, la he impartido durante ocho años consecutivos y observo que la didáctica de enseñanza de los talleres de diseño en modalidad presencial, requiere de la incorporación de procesos analógicos, iterativos, sintéticos, crítico-analítico y de representación para que se favorezca el aprendizaje; aunado a lo anterior, pero bajo un contexto en el que la educación se lleva a cabo mediada con tecnologías digitales a distancia, el problema se potencializa. De manera que, la enseñanza-aprendizaje del diseño que favorezca el desarrollo del pensamiento proyectual en los estudiantes se dificulta, obstaculiza y ralentiza, al no tener al alcance mecanismos de instrumentalización física y exploración de materiales, procesos de desarrollo y evaluación, colaboración directa, observación, socialización de los saberes entre los estudiantes, dentro del aula taller, entre otros elementos. Y, aunque, en un supuesto hipotético se regresara a las aulas físicas en poco tiempo para 2021, existe ya una experiencia que debe ser recuperada, una yaga que ha atravesado la disciplina para replantearse sus procesos educativos en el marco de una sociedad hipermediatizada y de una sociedad compleja, tanto en los procesos educativos, como en la profesionalización del diseño y en el uso de las tecnologías digitales.

Además, de que existe una carencia generalizada en la sistematización y análisis de las experiencias educativas, lo cual, permitiría conocer los caminos que toma el problema y otras dimensiones que involucra, como los aspectos sociales, factores motivacionales del estudiante, problemas económicos, atención a la diversidad y perspectiva profesional, entre otros.

### 2.2. Evaluación de la problemática en la práctica docente.

Durante los años que llevo impartiendo la asignatura en semestres consecutivos he observado que, los contenidos que se encuentran disponibles en el aula virtual de la licenciatura de Diseño y Comunicación Visual a distancia (los cuales fueron desarrollados previamente por un profesor asignado, orientado por un asesor pedagógico y subidos a plataforma con el apoyo de diseñador web y bajo la supervisión de la coordinación de la licenciatura, el área de educación a distancia de la FES Cuautitlán y en colaboración con la Coordinación de Universidad Abierta, Innovación Educativa

y Educación a Distancia –CUAIEED- de la UNAM), presentan las unidades consideradas por el plan de estudios y los temas, sin embargo, los ejercicios, al menos de la materia de DISEÑO 2 y la secuencia de actividades no es progresiva ni coherente acorde con los avances progresivos de los alumnos en la materia.

Durante estos ocho años, la actualización de contenidos ha sufrido una transformación, en 2019, año en el que la migración del aula virtual fue motivo de una actualización de las actividades a desarrollar por los estudiantes; sin embargo, existen ejercicios cuyo grado de dificultad es verdaderamente muy bajo y deja poco aprendizaje sobre los temas y por otro lado, hay ejercicios de alto grado de dificultad, para lo cual no se prepara al alumno progresivamente en el desarrollo de las actividades, como en la Unidad 3, que solicita el desarrollar el modelado tridimensional de un objeto orgánico, cuestión que requiere de habilidades tecnológicas para el manejo de software de desarrollo tridimensional que no es fácil o sencillo de usar y que requiere, de muchas semanas y meses de dominio.

Este alto contraste entre las actividades, la falta de progresión en el nivel de dificultad de los elementos y propiamente la carencia de enfocar los ejercicios a situaciones reales, objetuales y que conecten la función del diseño tridimensional que ofrece esta materia con otros ámbitos y disciplinas, como el diseño industrial y el diseño arquitectónico, son las principales problemáticas en cuanto a su impartición, debido a que el profesor no está habilitado en la plataforma tecnológica para transformar los contenidos del aula virtual.

Por otro lado, las actividades propuestas no sugieren que los estudiantes se desenvuelvan entre ellos de manera colaborativa o bien socialicen sus resultados, pero sobretodo sus procesos de ejecución y de proyección. Cuestiones que no permiten la socialización del saber diseñístico y que aislan al estudiante del grupo, avanzando en lo individual con los problemas que implica la perspectiva de los contenidos y actividades de la plataforma oficial de la licenciatura.

Estos aspectos son muy importantes, porque es en los talleres de diseño, en donde se da la experiencia proyectual y se empieza a construir este pensamiento resolutivo para la solución de proyectos de diseño; sin embargo, sin la colaboración entre alumnos, sin la socialización y con la estandarización de contenidos en plataforma, así como los altos contrastes en los niveles de dificultad de los ejercicios, la falta de una orientación hacia el desarrollo del pensamiento proyectual y de observar las posibilidades de la creación tridimensional en función de su conexión con ámbitos de la realidad

social (como la tecnología, el espacio arquitectónico, el diseño industrial), por señalar los problemas principales, es que se plantea las dificultades de los estudiantes para comprender el propósito de la materia, sus niveles de aprendizaje para el desarrollo de pensamiento proyectual y resolutivo, su motivación hacia la materia, pero sobretodo su avance en otras asignaturas de diseño.

### **2.3. Análisis de los elementos teóricos sobre la problemática.**

La didáctica de enseñanza de los talleres de diseño en modalidad presencial, requiere de la incorporación de procesos analógicos, iterativos, sintéticos, crítico-analítico y de representación para que se favorezca el aprendizaje; aunado a lo anterior, pero bajo un contexto en el que la educación se lleva a cabo mediada con tecnologías digitales a distancia, el problema se potencializa. De manera que, la enseñanza-aprendizaje del diseño que favorezca el desarrollo del pensamiento proyectual en los estudiantes se dificulta, obstaculiza y ralentiza, al no tener al alcance mecanismos de instrumentalización física y exploración de materiales, procesos de desarrollo y evaluación, colaboración directa, observación, socialización de los saberes entre los sujetos, dentro del aula taller, entre otros elementos.

Las preguntas centrales se establecen sobre ¿qué significa proyectar? ¿cuáles son los conocimientos que se requieren para la proyección? El diseño es una disciplina proyectual en cualquiera de sus campos (arquitectónico, gráfico o industrial, como se subdivide en los programas académicos en México); pero, ¿cómo opera la disciplina proyectual y sobre todo su didáctica para la enseñanza?. Según Mazzeo y Romano (2007):

En las disciplinas proyectuales, aquellas que tienen por finalidad el diseño y la producción de objetos del habitat en sus distintos niveles de complejidad y escala, la creencia instalada de que el saber profesional es condición suficiente para su enseñanza ha postergado la construcción de una didáctica específica, construcción que implica conocer no sólo la disciplina en sí misma sino cómo ésta se constituye en objeto de enseñanza y qué mecanismos se ponen en juego en el docente y el alumno en el momento de llevar adelante los procesos de enseñar y aprender (p. 24).

La didáctica específica de las disciplinas proyectuales pone de manifiesto una necesidad imperiosa en la pedagogía del diseño, ya que implica primeramente una comprensión fenomenológica de la disciplina y sus dimensiones, para indagar en las formas y métodos específicos que constituyan los elementos básicos de las metodologías de enseñanza-aprendizaje.

La didáctica en sí constituye un área de la pedagogía que estudia los principios del proceso general de educación y entrenamiento en la formación, revelando patrones, tareas, formas, métodos, elementos de estimulación y control en el proceso educativo que dan forma y estructura a las etapas formativas.

De esta forma, la didáctica atiende: la capacitación, enseñanza, aprendizaje, educación, conocimiento, habilidades, y también la meta, contenido, organización, tipos, formas, métodos, medios, resultados de aprendizaje (productos). En sí, el objetivo de la didáctica es el logro de resultados, poniendo énfasis en el proceso. Haciendo foco en el problema de la didáctica en las disciplinas proyectuales y en la problemática del diseño en los talleres, es imperativo atender elementos y principios básicos de consideren a esta disciplina educativa, desde el proceso de enseñanza y aprendizaje del diseño.

Por otro lado, se observa que existe una carencia generalizada en la sistematización y análisis de las experiencias educativas, lo cual, permitiría conocer los caminos que toma el problema y otras dimensiones que involucra, como los aspectos sociales, factores motivacionales del estudiante, problemas económicos, atención a la diversidad y prospectiva profesional, entre otros.

La problemática se extiende en el ámbito de la educación en diseño, particularmente en los procesos de enseñanza-aprendizaje de los talleres de diseño, que por su naturaleza y los componentes anteriormente expuestos sobre los procesos didácticos, colaborativos, iterativos, metodológicos y técnico-tecnológicos y epistémicos requieren del enfoque disciplinario y sistémico que integre todos los anteriores aspectos y que *in situ*, dificultan la tarea de la enseñanza del pensamiento proyectual como eje articulador de los mismos. La problemática se extiende a las modalidades de estudio de los talleres de diseño mediadas por tecnologías digitales, tanto sincrónicas como asincrónicas, dado que el escenario de la educación superior en México y la educación disciplinar, tendrá que plantearse en ámbitos y modalidades híbridas en un mundo postcovid, y de cara a los marcos globales y las tendencias curriculares de la segunda década del siglo XXI.

#### **2.4. Contextualización de la problemática.**

Los alcances de la presente investigación se inserta en una problemática compleja relacionada con la educación en diseño y la impartición de talleres en modalidades mediadas por tecnologías digitales, no limitado a un escenario temporal acotado por la Covid-19, sino abierto y continuo para el futuro inmediato de la educación en diseño, ya que existe una inminente transformación de las prácticas educativas para las próximas décadas, en donde las instituciones de educación superior y los programas profesionalizantes del diseño, deberán plantearse los nuevos escenarios y las formas en que se desarrollará la educación disciplinar frente a la complejidad y las transformaciones sociales en el marco de la sociedad global hipertecnologizada y mediatizada en el siglo XXI.

Se observan las siguientes delimitaciones: a) geográfica, en cuanto a los estudiantes Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, modalidad a distancia, por tanto, se ubican en diferentes puntos de la Ciudad de México, del Estado de México y de Estados de la República Mexicana; b) temporal, la intervención educativa se realizará en el semestre 2022-I; c) conceptual, abordará el marco de la educación en diseño, la didáctica para los talleres de diseño para el pensamiento proyectual, desde donde se estructurará la propuesta de modelo.

**2.5. Diagnóstico pedagógico de la problemática.**

En la materia de Diseño 2, hay una gran complejidad de impartición con los factores antes expuestos. Desde que empezó la pandemia, en cada uno de mis grupos comencé a realizar un cuestionario que me permitiera conocerlos mejor, su diversidad y por tanto, atender las necesidades que plantea el perfil. Para este semestre 2022-1 (06 de septiembre a 17 de diciembre de 2021), implementé en la primera semana de clases la misma encuesta, que me arrojó los siguientes datos.

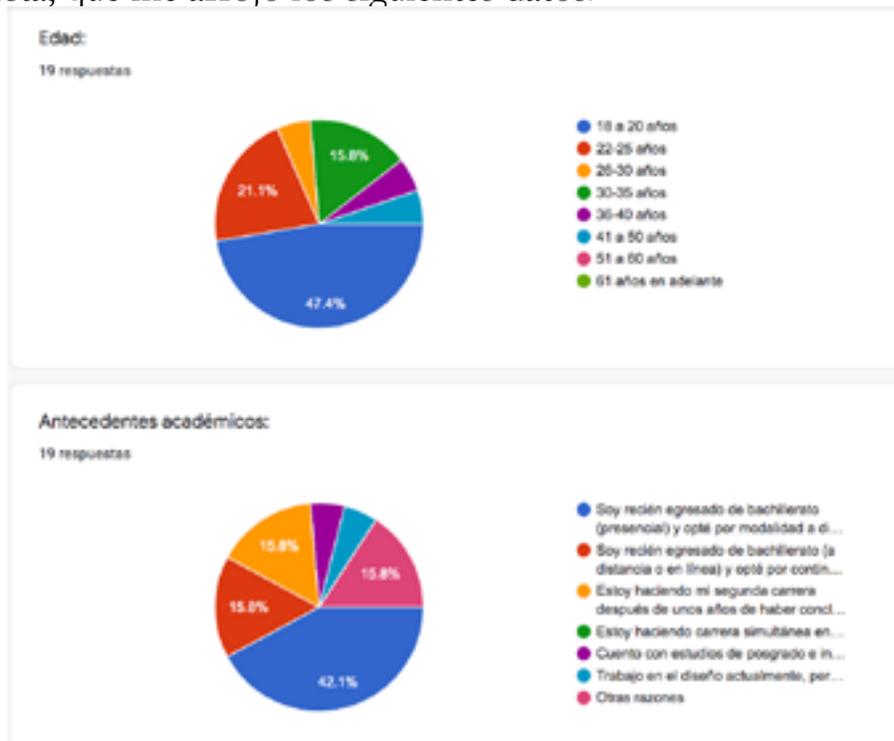


Figura 1. **Variable Edad y Antecedentes Académicos.** Resultados de encuesta aplicada entre el 06 al 10 de septiembre de 2021 al grupo de DISEÑO 2 de la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual modalidad a distancia, semestre UNAM 2022-1. Profesor: Alma Elisa Delgado Coellar.

Estos primeros datos que aparecen en la figura 1, son muy relevantes para conocer la situación del grupo, porque, en lo general los alumnos que se inscriben a la carrera de diseño a distancia, son de edades mayores, por ejemplo de entre 30 a más años, dado que la flexibilidad de la modalidad les permite adecuar sus actividades personales y laborales, a la par con sus actividades académicas. Sin embargo, después de la pandemia, por ejemplo se observa un alto índice, más del 40% de alumnos que son recién egresados del bachillerato en modalidad presencial y han optado por hacer su carrera a distancia, y otro porcentaje cercano al 16%, es conformado por alumnos que son recién egresados de bachillerato a distancia y desean continuar trabajando con dicha modalidad. Este es un dato, que nunca había visto en mis ocho años dando clases en la carrera a distancia y puedo sugerir que se debe a la pandemia y a la toma de decisiones de los estudiantes en modelos más flexibles para sus estudios.

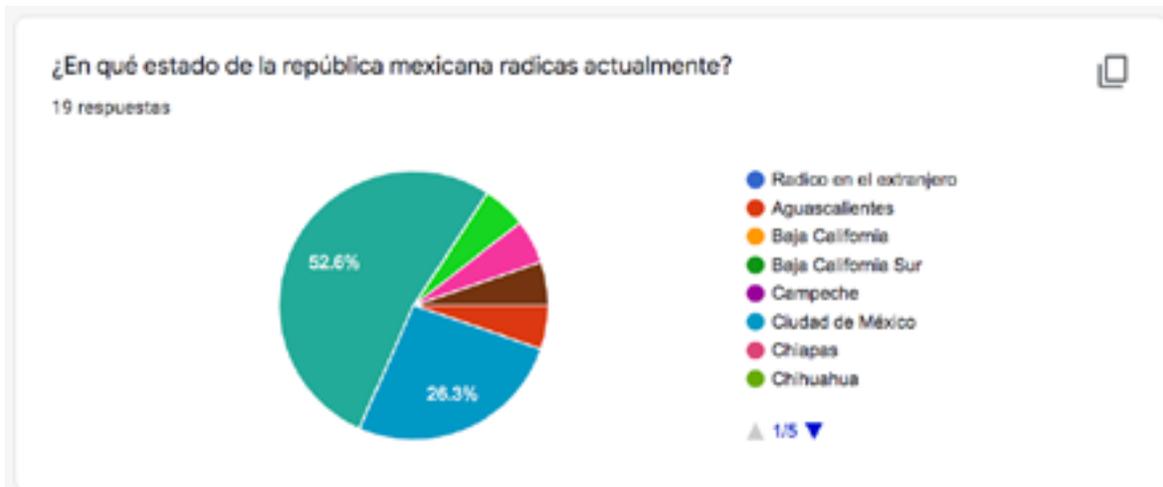
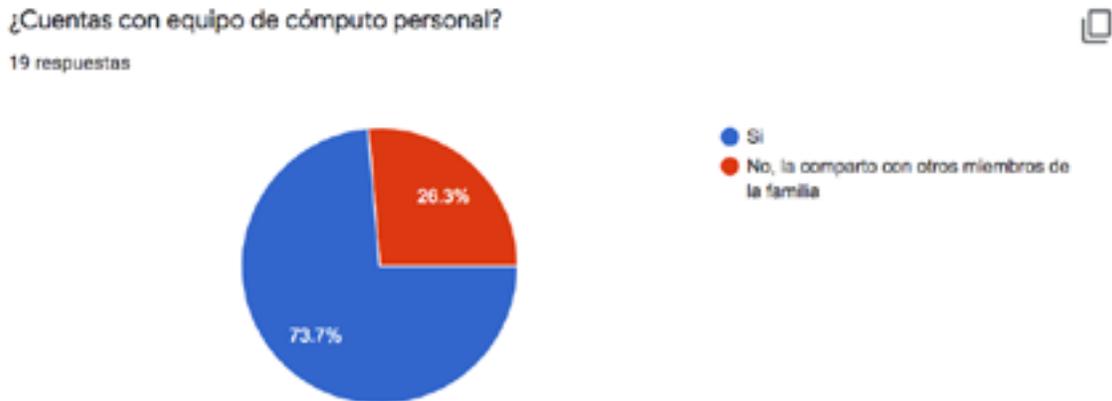


Figura 2. **Estado en el que radican los alumnos.** Resultados de encuesta aplicada entre el 06 al 10 de septiembre de 2021 al grupo de DISEÑO 2 de la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual modalidad a distancia, semestre UNAM 2022-1. Profesor: Alma Elisa Delgado Coellar.

En esta otra gráfica, podemos observar la diversidad de ubicaciones geográficas de los estudiantes, donde más del 50 por ciento se ubica en el Estado de México y el 26% en la Ciudad de México. El resto en diferentes puntos del país.

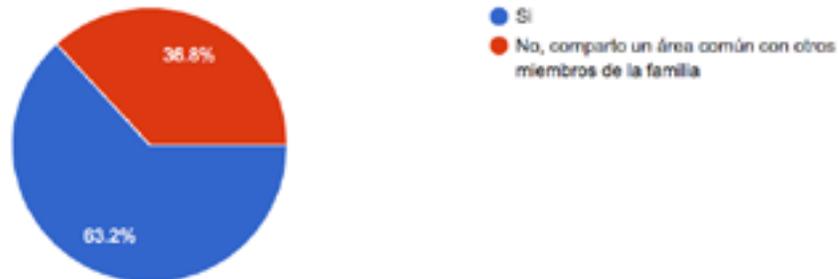


*Figura 3. **Equipo con el que cuentan los estudiantes.** Resultados de encuesta aplicada entre el 06 al 10 de septiembre de 2021 al grupo de DISEÑO 2 de la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual modalidad a distancia, semestre UNAM 2022-1. Profesor: Alma Elisa Delgado Coellar.*

El resultado de la encuesta sobre la disponibilidad de equipo de los estudiantes, es un rango importante, porque una cuarta parte del grupo, comparte con el resto de los miembros de su familia la computadora, esto problematiza la disponibilidad de uso y por tanto, de tiempo de conexión y de ejecución de actividades de aprendizaje en red.

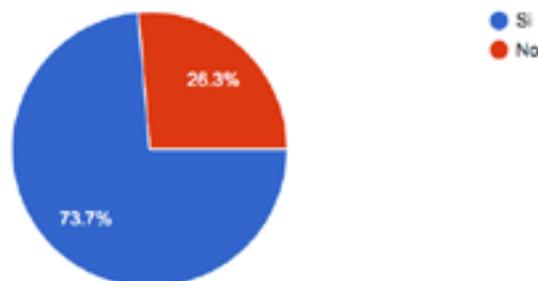
¿Cuentas con un espacio adecuado o con mayor privacidad para conectarte a clases sincrónicas?

19 respuestas



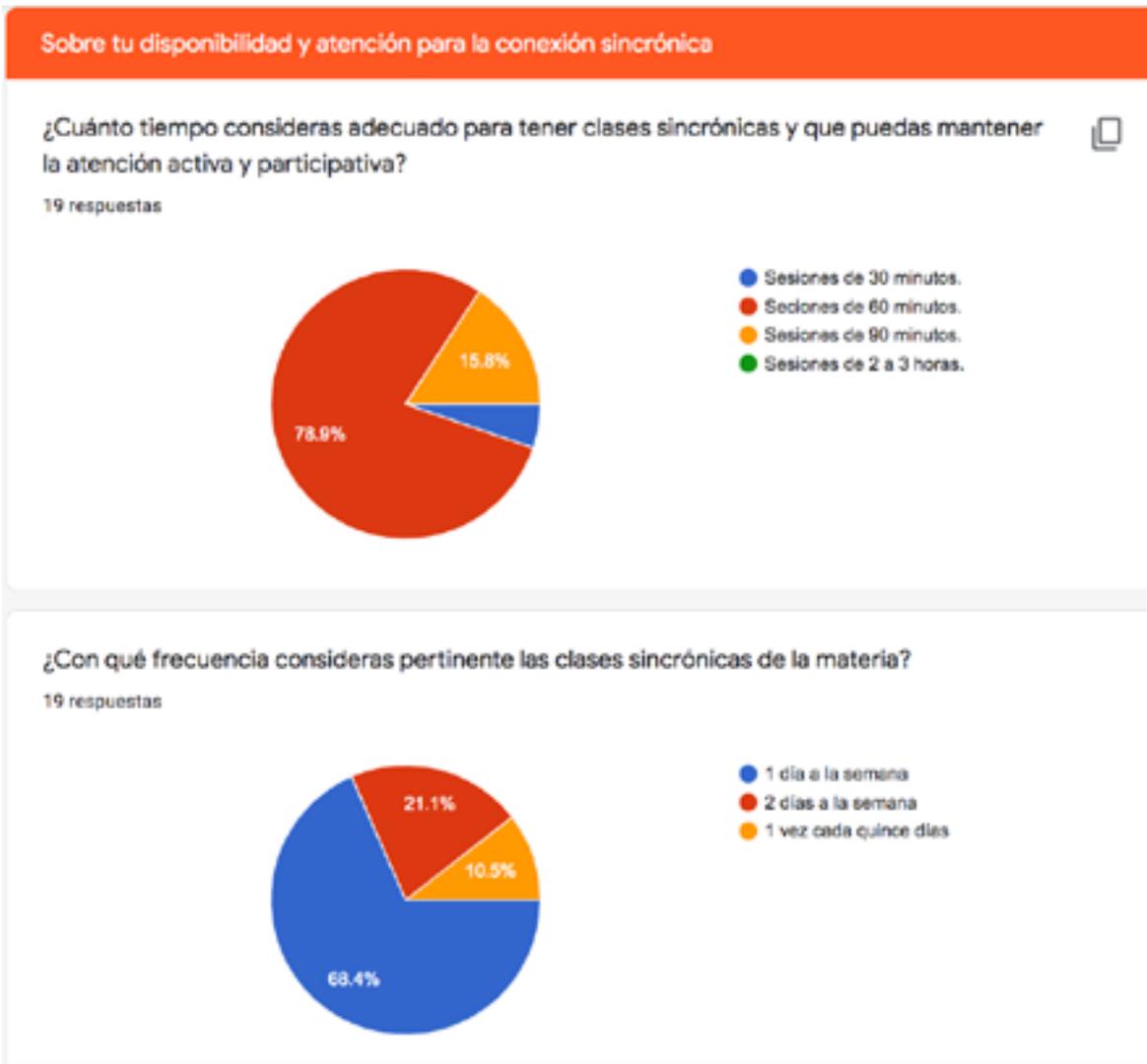
¿Cuentas con un espacio adecuado (escritorio personal, escritorio, mesa de trabajo, estante para tus libros y documentos) para realizar tus actividades de aprendizaje, tales como maquetas, dibujos, croquis, planos, etc.?

19 respuestas



*Figura 4. Disponibilidad de espacio para la conexión y para la ejecución de actividades con carácter proyectual. Resultados de encuesta aplicada entre el 06 al 10 de septiembre de 2021 al grupo de DISEÑO 2 de la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual modalidad a distancia, semestre UNAM 2022-1. Profesor: Alma Elisa Delgado Coellar.*

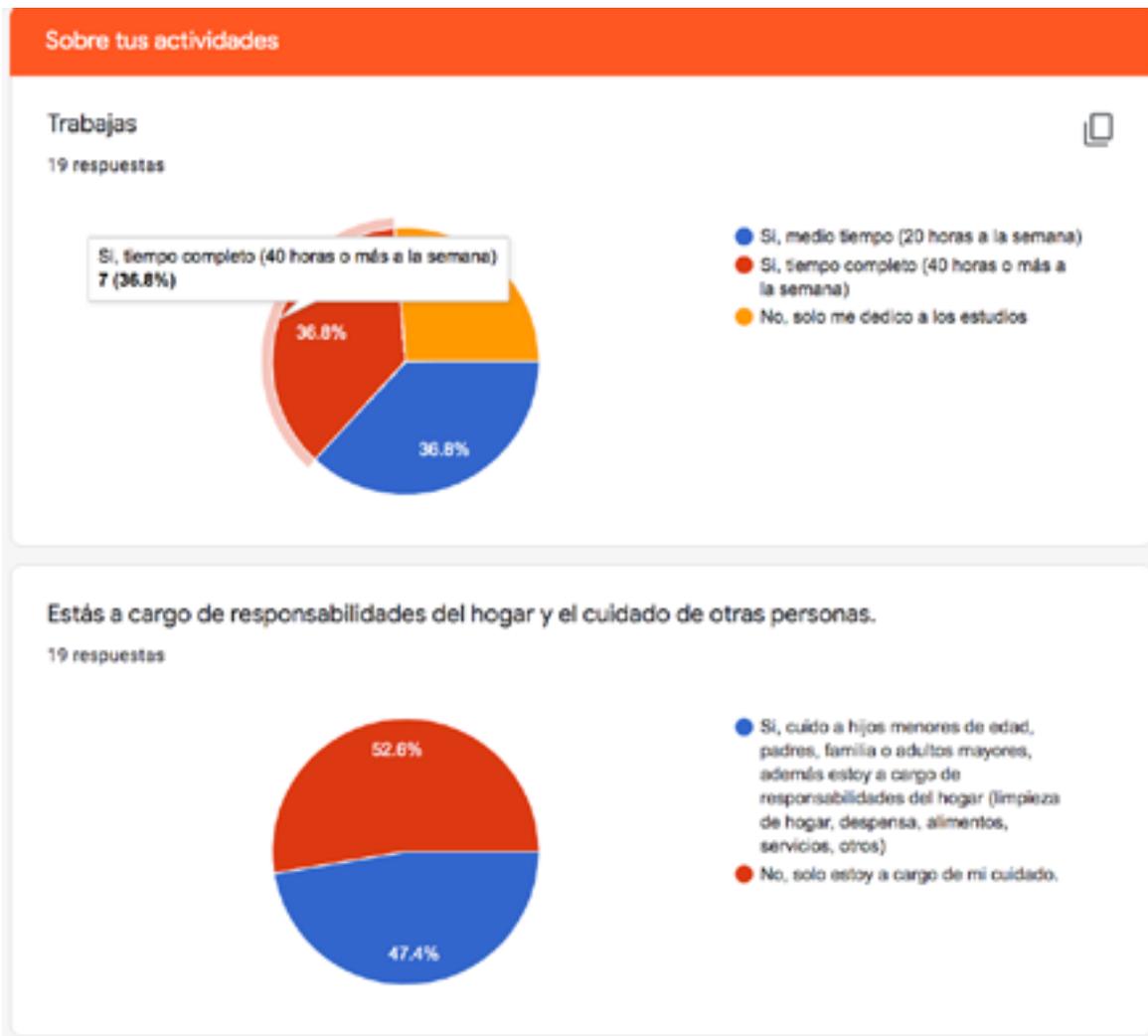
La figura 4, muestra la disponibilidad de los estudiantes de un espacio privado para su conexión a clases sincrónicas y también para la ejecución de actividades con carácter proyectual, mostrando que la mayoría cuenta con este espacio para trabajar sus actividades académicas, sin embargo, porcentajes de una cuarta parte promedio que no tiene esta área de trabajo para la concentración de sus actividades en su domicilio y comparte áreas comunes de la familia.



**Figura 5. Sobre disponibilidad y atención para la conexión sincrónica.** Resultados de encuesta aplicada entre el 06 al 10 de septiembre de 2021 al grupo de DISEÑO 2 de la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual modalidad a distancia, semestre UNAM 2022-1.  
 Profesor: Alma Elisa Delgado Coellar.

Aquí se puede observar que casi el 80 por ciento de los alumnos señalaron como tiempo óptimo para la conexión sincrónica 60 minutos, considerando un tiempo en el que su atención puede ser activa e inclusive participativa. Asimismo, señalan casi el 70 por ciento que la conexión debe efectuarse una vez a la semana y poco más del 20 por ciento, dos veces a la semana. Estos datos son muy relevantes, porque permiten conocer el nivel y la forma en que los alumnos desean trabajar en la asignatura, con su disponibilidad de conexión. En la licenciatura de Diseño y Comunicación Visual

a distancia, se puede convocar a la participación y conexión sincrónica, pero la mayoría de las materias y los profesores, realizan el trabajo académico de manera asíncrona.



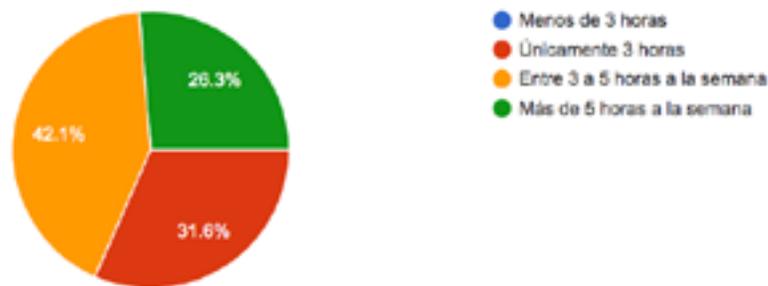
**Figura 6. Sobre las actividades que desarrollan los alumnos y sus responsabilidades en el hogar.** Resultados de encuesta aplicada entre el 06 al 10 de septiembre de 2021 al grupo de DISEÑO 2 de la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual modalidad a distancia, semestre UNAM 2022-1. Profesor: Alma Elisa Delgado Coellar.

Los datos de la figura 6, permiten conocer las actividades que desarrollan los estudiantes, dando como resultado que más del 70 por ciento trabaja, el 36% de medio tiempo y el otro 36% de tiempo completo (40 horas a la semana). Esto es importante, porque incidirá en las posibilidades de tiempo disponibles para el trabajo en la materia y más en general, en toda la licenciatura. Ya que, a la par que cursan la materia de DISEÑO

2, llevan 8 materias adicionales, teniendo una carga de trabajo excesiva porque la dedicación promedio de tiempo a la licenciatura es 20 horas mínimo a la semana. Por su lado, el 47% esta a cargo del cuidado de miembros de su familia.

¿Cuánto tiempo promedio crees que podrás dedicar al desarrollo de tus actividades de aprendizaje de la materia? (oficialmente la materia tiene 6 horas de dedicación a la semana, de acuerdo al plan de estudios, pero lo importante es que contestes con honestidad el tiempo REAL que podrás asignarle a los trabajos)

19 respuestas



*Figura 7. Tiempo de dedicación a las actividades de la asignatura. Resultados de encuesta aplicada entre el 06 al 10 de septiembre de 2021 al grupo de DISEÑO 2 de la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual modalidad a distancia, semestre UNAM 2022-1.*

*Profesor: Alma Elisa Delgado Coellar.*

Finalmente, estos resultados de la encuesta, señalan cual es la posibilidad de tiempo real que los alumnos podrán dedicar a las actividades de la materia DISEÑO 2, en donde destaca que el 42 por ciento le puede dedicar entre 3 a 5 horas, un 31% solo tres horas y el porcentaje restante, que equivale a una cuarta parte del grupo, puede dedicar más de 5 horas de trabajo asíncrono y síncrono a la materia.

Estos elementos, permiten no solo conocer al grupo, sino también entender sus posibilidades de dedicación al taller de DISEÑO 2, los recursos tecnológicos con los que cuentan, los tiempos de atención síncrona para la asesoría de actividades de la materia, entre otros elementos. Con ello, se puede plantear de forma más clara la estrategia de intervención pedagógica que oriente sus posibilidades y disposición hacia el aprendizaje del taller.

## **2.6. Planteamiento del problema.**

Con todo lo anterior, se estructura la pregunta problemática **¿cuáles serán los elementos que favorezcan el desarrollo del pensamiento proyectual en la educación en diseño (procesos de enseñanza-aprendizaje)** en los talleres de diseño (asignaturas de carácter proyectual, específicamente la materia de DISEÑO 2) mediados por tecnologías digitales?

## **3) Elaboración de la alternativa pedagógica de acción docente**

**3.1. Recuperación y enriquecimiento de los elementos teórico-pedagógicos contextuales que fundamentan la alternativa.**

### **3.1.1. Propósitos generales y metas**

#### **Objetivo general**

Establecer una estrategia pedagógica para favorecer el desarrollo del pensamiento proyectual en el taller de DISEÑO 2 en modalidades educativas mediadas por tecnologías digitales.

#### **Metas**

- Plantear una estrategia pedagógico que se oriente desde la intervención socioeducativa para la enseñanza-aprendizaje de los talleres de diseño.
- Orientar la participación de los estudiantes de manera que haya más colaboración e intercambio entre los alumnos. Socialización de los saberes.

**3.2. Estrategia de implementación.**

### **3.2.1. Formas de organización de los participantes**

El grupo se integra por 27 estudiantes, se encuentran ubicados en el segundo de nueve semestres de la licenciatura en Diseño y Comunicación Visual y la forma de organización que se ha establecido es la siguiente:

1. Se convoca a una clase sincrónica a la semana, programada para los días miércoles a las 19:00 horas CdMx; esto con la finalidad de tener una hora de asesoría directa en la que se expone la temática, se muestran ejemplos aplicados a la realidad profesional, se dan las indicaciones específicas de la actividad de aprendizaje a desarrollar a lo largo de la semana, se muestran ejemplos de ejecución de la actividad y el tiempo estimado para su desarrollo, con la finalidad de apoyarlos en su organización personal. En estas sesiones los alumnos plantean preguntas sobre el desarrollo de la actividad. Quienes no se pueden conectar a la clase sincrónica, siempre esta disponible al día siguiente la grabación y los materiales para que puedan ponerse al corriente, dada la naturaleza de la modalidad a distancia y la flexibilidad que implica.
2. Se apertura un espacio oficial en el foro del aula virtual, ubicado en la plataforma oficial de la licenciatura, en donde se colocan los ejemplos y las indicaciones específicas. En este foro, los alumnos pueden interactuar exponiendo dudas adicionales o cualquier particular para la ejecución del trabajo.
3. Paralelamente se creo un aula virtual en Google Classroom, que tiene como finalidad una comunicación más dinámica con los estudiantes, dado que la G-Classroom se vincula con una cuenta personal y en muchas ocasiones disponible desde los dispositivos móviles de los alumnos, de manera que al estar en el trabajo o en otras actividades, pueden recibir una notificación inmediata de alguna actividad o comentario relacionado con la materia (tanto de la profesora como del grupo de compañeros). Esto no sucede a través de la plataforma oficial, porque no está vinculado y necesariamente el alumno ingresa específicamente a ese espacio. En este Classroom se apertura un archivo colaborativo en Google Drive, en el que es posible que todos editen una presentación y se solicita que suban ahí su resultado final de la tarea a ejecutar y comenten el trabajo de sus compañeros. Este tipo de archivos funciona como una galería colaborativa en la que sus trabajos son expuestos para el enriquecimiento de todo el grupo y para orientar su propia producción, calidad y creatividad en el desarrollo de su tarea; propiciando además un clima de participación, colaboración entre los estudiantes y por tanto, socialización del saber diseñístico.

Con lo anterior, la organización de los participantes se da de manera individual y directa a través de la plataforma oficial de la licenciatura y por otro lado, abierta, participativa y colaborativa a través del Classroom.

### **3.2.2. Procesos y situaciones concretas que involucra la estrategia**

La estrategia involucra actividades sincrónicas y asincrónicas, apoyada en los medios digitales oficiales:

1. Plataforma tecnológica de la licenciatura, en donde se soporta el aula virtual (Moodle). Desde donde se trabajan los foros oficiales, se registran las actividades y se retroalimenta y califica la actividad, además soporta los contenidos teóricos de la asignatura, lecturas, fuentes de consulta y referencias.
2. Aula virtual dinámica en Google Classroom. Soporta el trabajo colaborativo, la comunicación dinámica y abierta de los alumnos, el compartir recursos y materiales en red que encuentran y que pueden soportar el desarrollo de la creatividad, de técnicas de ejecución y de materiales, así como de posibles aplicaciones del ejercicio en ámbitos diversos del diseño. Es un espacio más flexible de comunicación más inmediata y directa, menos oficial, pero ordenada para propiciar el intercambio y la socialización.
3. Plataforma de comunicación sincrónica Zoom. A través de la cual, se lleva a cabo la conexión sincrónica una vez a la semana con la participación de los alumnos, que tienen la posibilidad de externar dudas, plantear problemas, así como por parte de la docente, motivar a los estudiantes y mostrar interés en el grupo para incentivar la participación, la calidad de los trabajos y sobretodo la adquisición de los aprendizajes.

### **3.2.3. Estrategia de Evaluación**

Los criterios de valoración para la enseñanza-aprendizaje del diseño mediado por tecnologías digitales es el elemento central sobre el que se construyó una rúbrica de evaluación, que pone énfasis en el proceso de desarrollo, más que en el resultado y cuyas consideraciones se enfocan a la educación mediada por tecnologías digitales, en donde, básicamente la comunicación e interacción entre los sujetos se puede desarrollar de manera sincrónica y asincrónica; y en donde, es importante sopesar y equilibrar este componente, para que el estudiante no este frente al monitor de su equipo, sino en el tiempo necesario a la atención de dudas, ejemplificación, socialización del conocimiento y de los resultados. De tal manera, resulta relevante el implementar un sistema

de evaluación que considere la propia actividad del estudiante fuera del tiempo de conexión y su reflexión sobre el proceso de adquisición del aprendizaje. A continuación se enlistan los criterios que integra la rúbrica de evaluación.

1. ***Proceso de ejecución.*** Este es el aspecto de ponderación que tiene un valor fundamental en la evaluación de productos de diseño a distancia, y es que, en el espacio áulico en físico o presencial, en el taller o laboratorio, el profesor acompaña al alumno de manera directa en la realización del ejercicio o actividad. Por ejemplo, la elaboración de una maqueta, un dibujo, supervisando un proyecto en equipo y cómo contribuyen los miembros del mismo, presentaciones orales, etc. Es decir que, *in situ*, puede realizar los procesos de retroalimentación directa observando la ejecución del proyecto de diseño. Sin embargo, en la modalidad a distancia el profesor no acompaña al alumno durante la ejecución del ejercicio –al menos en la mayoría de los casos–, sino que el estudiante avanza a sus tiempos y ritmos de manera autónoma para la entrega del producto, por tanto, el profesor no tiene forma de constatar puntos relevantes: a) que el alumno sea efectivamente el que desarrolla la actividad o proyecto y no reciba ayuda o alguien más lo ejecute; b) cuáles son los principales problemas técnicos y metodológicos a los que se enfrenta para el desarrollo del objeto diseñado, dado que el diseño es una disciplina proyectual –es un proceso de conceptualización con varias fases–; c) tampoco detecta de manera directa los aciertos durante la ejecución que pueden potencializar su saber para el diseño, su creatividad, análisis y resolución de problemas. Con lo anterior descrito, el segundo criterio de valoración toma en consideración que el alumno documente el proceso de ejecución de la actividad a través de la toma de imágenes fotográficas de él y su desarrollo. Estas imágenes pueden y deben ir acompañadas con notas de reflexión sobre lo ocurrido. Por ejemplo: “En esta foto muestro cómo estoy aplicando la técnica de acuarela, tuve algunos problemas por la cantidad de agua que tenía en mi recipiente y se diluyó mucho el color”. Estas evidencias fotográficas y de comunicación escrita son fundamentales para que el profesor de diseño en la modalidad a distancia pueda generar una retroalimentación específica y directa en el proceso de aprendizaje del alumno. Permite comprender tanto al profesor como al estudiante, de una forma dialéctica, es decir, de ida y vuelta, cómo y en qué etapa se debe reforzar un saber, ya sea técnico, tecnológico, metodológico o

teórico. Este criterio tiene un valor numérico del 30% y para que se cumpla debe tener mínimamente un proceso documentado de 3-4 imágenes y descripciones, que representan argumentaciones de la ejecución y reflexión necesaria sobre ese proceso, los aciertos y dificultades.

2. **Objetivo de la actividad.** Este criterio de valoración incide directamente en el cumplimiento del objetivo de cada actividad de aprendizaje independientemente de su naturaleza. En ella se constata la aplicación de los elementos anclados a la progresión del plan de estudios en la materia que se trate. Tiene que ver con elementos tales como: a) calidad de la ejecución (si se trata de una maqueta, un dibujo, un proyecto y esta tiene buena calidad de corte, armado, aplicación de la técnica, configuración y articulación de elementos); b) integración de conceptos de diseño, este aspecto implica que en la ejecución del trabajo se hayan aplicado los principios de diseño solicitados, por ejemplo, si se solicita armonía, tensión, equilibrio, contraste, difusión, etc.; c) conceptualización del trabajo, aquí se solicita que el estudiante documente el proceso de conceptualización, por ejemplo, la aquí también se busca un proceso de argumentación sobre el objeto diseñado. Estos tres aspectos en su fusión forman parte del propio proceso proyectual, que tiene que ver con la racionalización para la toma de acción y una ejecución acorde a esa conceptualización y con calidad. Este criterio de valoración tiene el 40% del porcentaje general del ejercicio.
3. **Argumentación/conclusiones de ejecución.** Este aspecto, como su nombre lo dice, se refiere directamente al proceso de reflexión y ordenamiento por escrito de la producción diseñística realizada. En este rubro, se busca que el alumno argumente su ejecución, considerando un lenguaje de diseño apropiado, explicando qué elementos utilizó, el porqué de los mismos, cómo contrasta el ejercicio con otros anteriores, cómo observa sus avances para el dominio de una técnica o proceso. En este aspecto se muestra la oportunidad no solo para argumentar el trabajo, sino también para emitir comentarios o conclusiones al respecto de la realización, por ejemplo, señalar los aciertos que detecta o avances, los errores, las dificultades al momento de manipular técnicas, materiales y procesos. Este aspecto es fundamental también para el proceso de evaluación de trabajos proyectuales en la educación a distancia por dos motivos: permite interiorizar el conocimiento del diseño desde el concepto o idea hasta la ejecución, con ello, el alumno reflexiona sobre su propio saber y se orienta

para la construcción de un lenguaje disciplinar que le permita argumentar, analizar, contrastar sus procesos de aprendizaje; como segundo aspecto, permite exteriorizar el proceso y compartirlo, socializarlo con el docente para la retroalimentación hacia su aprendizaje, de tal forma que se genere un *feedback*. En el aula física y en los talleres, al mostrar los resultados de trabajo, los alumnos intercambian, socializan sus aprendizajes, se retroalimentan de los comentarios que van nutriendo su ser y hacer diseño. En la modalidad virtual esto sucede a través de este tipo de elementos de valoración de manera asincrónica, aunque también se pueden dar sesiones sincrónicas de socialización entre pares, o bien generar procesos de coevaluación, en donde los alumnos pueden retroalimentar el trabajo de uno de sus compañeros, de manera que se genera un proceso de ida y vuelta entre los participantes. Este criterio tiene un valor de 10%.

### Conclusiones de la intervención pedagógica para la enseñanza del diseño

Cabe señalar que esta rúbrica de evaluación fue concebida para trabajos de naturaleza proyectual, por ejemplo en las asignaturas de geometría, dibujo, diseño, laboratorios de diseño editorial, ilustración, etc. Para asignaturas de carácter teórico pueden considerarse aspectos de la rúbrica presentada pero con adecuaciones acordes a los objetivos y el tipo de trabajos académicos esperados, que por lo general son ensayos, resúmenes, organizadores gráficos, entre otros. La rúbrica se ha implementado durante varios ciclos académicos, particularmente desde el año 2020 en las asignaturas proyectuales que imparto. También es de mencionar que estos criterios de la rúbrica forman parte de una sistematización de la experiencia docente en la enseñanza del diseño en la modalidad a distancia desde 2013 a la fecha (2021); por tanto, se han ido haciendo adecuaciones y enriqueciendo los elementos conforme se detectan las necesidades y problemas de los estudiantes. La evaluación constituye uno de los elementos centrales de la intervención pedagógica estratégica en los procesos de enseñanza-aprendizaje del diseño y, por tal motivo, se aplica de manera constante en las asignaturas con carácter proyectual.



## Referencias

Shagoury, Ruth. (2000). Trate de amar las preguntas mismas. En: El arte de la indagación en el aula. Barcelona: Gedisa. Pp. 25 a 38.

# ALGORITMO PARA RESOLVER UN PROBLEMA DE BALANCE DE ENERGÍA MEDIANTE NEWTON-RAPHSON.



*García Pelcastre Jesús Dario<sup>1</sup>, Martínez Huesca Karla<sup>2</sup>,  
Hernández Rodríguez Carla Vanessa<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Campo 1,  
[318271411@cuautitlan.unam.mx](mailto:318271411@cuautitlan.unam.mx)

<sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Campo 1,  
[karlamtzhu123@gmail.com](mailto:karlamtzhu123@gmail.com)

<sup>3</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Campo 1,  
[carlavanessahernandezrodriguez@gmail.com](mailto:carlavanessahernandezrodriguez@gmail.com)



## Resumen

El método de Newton Raphson se trata de un procedimiento basado en la derivada, para encontrar aproximaciones a las raíces de una función real de variable que sea derivable, este método se puede aplicar en un balance de energía, ya que resulta fundamental establecer las variaciones de energía que ocurren durante el proceso. El principal objetivo de esta investigación es obtener la resolución de un problema de balance de energía usando el Método de Newton Raphson. Para realizar el presente trabajo, como una herramienta adicional se utilizó el lenguaje de programación Python con el que se logra un resultado más preciso para nuestro problema.

**Palabras clave:** Derivada, proceso, energía, balance, Python.

## Antecedentes

El Método Newton-Raphson es un método algorítmico de los más utilizados para localizar raíces de una función, en general es muy eficiente y USUALMENTE converge para una función polinomial. Se obtiene a partir de un valor inicial  $x_i$ , en el cual se puede trazar una tangente desde el punto  $[x_i, f(x_i)]$  de la curva. Normalmente, el punto donde converge ESTA tangente cruza el eje "x" representando una aproximación a la raíz de la función.

El método de Newton fue descrito por Isaac Newton en "*De analysi per aequationes número terminorum infinitas*" (escrito en 1669, publicado en 1711 por William Jones) y en "*De methodis fluxionum et serierum infinitarum*" (escrito en 1671, traducido y publicado como *Método de las fluxiones* en 1736 por John Colson). El método de Newton-Raphson es llamado así por la razón de que el matemático inglés Joseph Raphson (contemporáneo de Newton) se hizo miembro de la *Royal Society* en 1691 por su libro *aequationum universalis Análisis* que publicó en 1690 y el cual contenía este método para aproximar raíces. Mientras que Newton en su libro *Método de las fluxiones* describe el mismo método escrito en 1671, pero publicado hasta 1736, lo que significa que Raphson había publicado este resultado casi 50 años antes, aunque no fue tan popular como los trabajos de Newton y se le reconoció posteriormente.

Este método está basado en la serie de Taylor, la cual es una aproximación de funciones mediante una serie de sumas de potencias enteras de polinomios. Los primeros ejemplos del uso de series de Taylor se remontan al siglo XIV, los cuales fueron dados por Madhava de Sangamagrama. Si bien no se sabe con certeza los descubrimientos de este matemático, la literatura matemática afirma que él encontró un número de casos especiales de la serie de Taylor, incluyendo aquellos para las funciones trigonométricas. El método de Newton Raphson conocido también como el método de Newton-Fourier, se trata de un procedimiento basado en la derivada, para encontrar aproximaciones a las raíces de una función real de variable real que sea derivable. Es muy útil en análisis numéricos, sobre todo para aproximar raíces de polinomios en los cuales los métodos conocidos no funcionan.

Este método, el cual es un método iterativo, es uno de los más usados y efectivos. A diferencia de los otros métodos, el método de Newton Raphson no trabaja sobre un intervalo sino que basa su fórmula en un proceso iterativo. Además posee una gran cantidad de aplicaciones, una de ellas es la obtención de raíces en un problema

de balance de energía, con este método se vuelve más sencillo y preciso encontrar los valores que necesitamos.

Este método se puede aplicar en un balance de energía, debido a que estos resultan fundamentales para establecer las variaciones de energía (Temperatura) que se producen durante una operación unitaria.

En este caso para poder obtener la resolución a un problema de balance de materia y energía se debe expresar una ecuación que simula al sistema con el que se esté trabajando, particularmente tenemos un sistema en estado estacionario, por lo cual se contempla como un sistema ideal, donde a partir de los cálculos podemos modelar nuestro sistema de ingeniería química, es así que partiendo de la ecuación de balance general tenemos que todas las entradas son iguales a las salidas.

Para el balance general de la materia recuérdese que todo sistema o proceso está gobernado por la ley de la conservación de la masa, este balance general lo podemos escribir como:

$$\textit{Entrada} + \textit{Generacion} - \textit{Salida} - \textit{Consumo} = \textit{Acomulacion}$$

Esto en forma derivada:

$$E + G - S - C = A$$

Por entrada se considera a toda la materia que ingresa al sistema a través de sus fronteras. Por generación, toda la materia que se produce dentro del sistema (cuando el proceso es reactivo). La salida corresponde a toda la materia que sale del sistema a través de sus fronteras. El consumo se refiere a la materia que se utiliza o consume dentro del sistema (cuando el proceso es reactivo). La acumulación corresponde a la materia que se acumula dentro del sistema ( $A > 0$  si  $E + G > S + C$ ;  $A < 0$  si  $E + G < S + C$ ). Si se desea estudiar, por ejemplo, la población anual de conejos en un bosque sabiendo que cada año en un bosque aumentan en promedio 1230 conejos de otros sectores. se van 1580, nacen 9305 y mueren 8560, se tendría que:

$$1230 + 9305 - 1580 - 8560 = A = 395$$

lo que significa que anualmente la población de conejos aumenta en 395 individuos. Si el término de acumulación fuera negativo, habría una pérdida o disminución de individuos por año.

En función de la ecuación de balance general se hace un pequeño tratamiento donde se procede a sacar las integrales de forma analítica, por lo que podemos obtener una función que no es más que el modelo matemático que nos ayuda a describir y predecir a nuestro sistema.

Dentro del balance de materia se hace una descripción de los flujos de entrada y salida dentro de nuestro sistema de cualquier operación unitaria.

Una operación unitaria se centra en el área del proceso o equipo donde se incorporan materiales, insumos o materias primas, además se considera como la expresión más sencilla e indivisible de un proceso de transformación de un producto en la industria, puede ser físico, químico, biológico o mecánico, generalmente un proceso puede descomponerse en la siguiente secuencia:

- Materias Primas
- Operaciones físicas de acondicionamiento
- Reacciones químicas
- Operaciones físicas de separación
- Productos

Otro aspecto importante dentro del balance de materia es la ecuación de continuidad, misma que es producto de la ley de conservación de la masa la cual establece que la materia no se crea ni se destruye, sólo se transforma y por ello manifiesta que, en un conducto o tubería, sin importar su sección; mientras no existan derivaciones, la cantidad de fluido que entra por uno de sus extremos debe salir por el otro,

Esta cantidad de fluido se asigna como caudal, que no es más que la cantidad de sustancia que atraviesa una sección determinada en la unidad de tiempo.

El caudal puede ser de dos tipos:

- Caudal másico: Es la cantidad de masa de una sustancia que atraviesa una determinada sección en un segundo. Sus unidades son: (Kg/seg).
- Caudal volumétrico: Es la cantidad de volumen de una sustancia que atraviesa una determinada sección en un segundo, y sus unidades son: ( $m^3 / \text{seg}$ ).

El balance de energía es una relación de la energía que entra y sale de un sistema, es

decir, se trata del estudio de los cambios energéticos de un sistema. La aplicación del balance de energía es fundamental en procesos industriales y transformaciones físicas en diferentes áreas de la industria, como la del petróleo, manufacturas, alimentos, entre otras, este balance sigue la ley de conservación de la energía, la cual nos indica que la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma, por lo cual se afirma que cualquier cantidad de energía en un sistema aislado permanece invariable en el tiempo, aunque esta energía puede transformarse a lo largo del tiempo, siendo la primera ley de la termodinámica.

Para resolver un problema de balance es de suma importancia tener en claro la información que se recibe y lo que se pide para determinar algo sobre un proceso, es entonces que es prioritario organizar los datos de manera conveniente para efectuar los cálculos subsecuentes, entonces es pertinente dibujar el diagrama de flujo del proceso, usando recuadros u otros símbolos para representar las unidades de proceso (reactores, mezcladores, unidades de separación, etc.) y líneas con flechas para representar las entradas y salidas.

Cuando se emplea de manera adecuada el diagrama de flujo del proceso ayuda a iniciar los cálculos del balance y mantenerlos en curso, para ello el diagrama debe marcarse en su totalidad desde que se dibuja, anotando los valores de las variables de proceso conocidas y los símbolos de las variables desconocidas en cada corriente de entrada y salida, a partir de esto el diagrama funciona como tablero de resultados para resolver el problema, a medida que se determina cada variable desconocida se anota su valor en el mismo de modo que el diagrama proporciona un registro continuo del punto donde se encuentra la solución de lo que aún se debe hacer.

El método de Newton-Raphson es uno de los métodos numéricos disponibles para facilitar los cálculos en ingeniería química, siendo muy utilizado para ejecutar algoritmos de simulación de procesos químicos. Para ejecutarlos rápidamente se requiere de un lenguaje de programación para crear nuestras propias unidades de cálculo, para luego ser utilizadas en simulación de procesos químicos.

Los programas de modelado algebraico permiten la resolución de diferentes problemas que van desde la selección óptima de equipos y recursos en sector industrial químico, a la gestión logística de una empresa genérica por lo cual resulta una herramienta, por lo que la aplicación de un programa permite obtener soluciones a problemas típicos presentes en diferentes fenómenos físicos y para este caso en particular: para el balance de materia.

Para obtener una mejor explicación y resolución del problema de balance de energía se utilizará Python, que es un lenguaje de programación interpretado cuya filosofía hace hincapié en la legibilidad de su código. Se trata de un lenguaje de programación multiparadigma, ya que soporta parcialmente la orientación a objetos, programación imperativa y, en menor medida, programación funcional. Es un lenguaje interpretado, dinámico y multiplataforma.

### **Objetivo(s)**

Obtener la resolución de un problema de balance de energía usando el Método de Newton Raphson aplicado en Python con la finalidad de establecer variaciones de energía que se producen durante un proceso industrial.

- Facilitar la aplicación del método matemático de Newton Raphson mediante el uso de la programación.
- Demostrar que las funciones polinómicas de segundo grado o función cuadrática, da como resultado una parábola.

### **Parte experimental**

La serie de pasos que pueden permitir resolver de manera clara y sin mayores contratiempos un problema de balance de materia son los siguientes:

- Leer y entender el enunciado del problema, a fin de determinar qué información es suministrada explícitamente, qué información es suministrada de manera indirecta o implícitamente y qué variables deben ser calculadas.
- Dibujar el diagrama de flujo; hay que representar con letras o símbolos todas las corrientes o flujos, así como la composición (en fracciones molares o másicas) de cada una de estas corrientes, así mismo, es necesario asignar variables alfanuméricas para aquellos valores desconocidos.
- Seleccionar la base de cálculo (de tiempo o masa), así como las unidades de trabajo que utilizará para las variables y parámetros del problema.
- Analizar el número de incógnitas y de ecuaciones por unidad de proceso y/o en forma global.
- Ordenar las ecuaciones de balance por número de incógnitas (de preferencia de

menor a mayor número de incógnitas).

- Resolver las ecuaciones planteadas, haciendo uso de todas las herramientas matemáticas conocidas.

## Metodología

Para la elaboración del código “Método de Newton Raphson” se utilizó el entorno de desarrollo **Spyder** para programación científica en el lenguaje Python.

## Gráfica

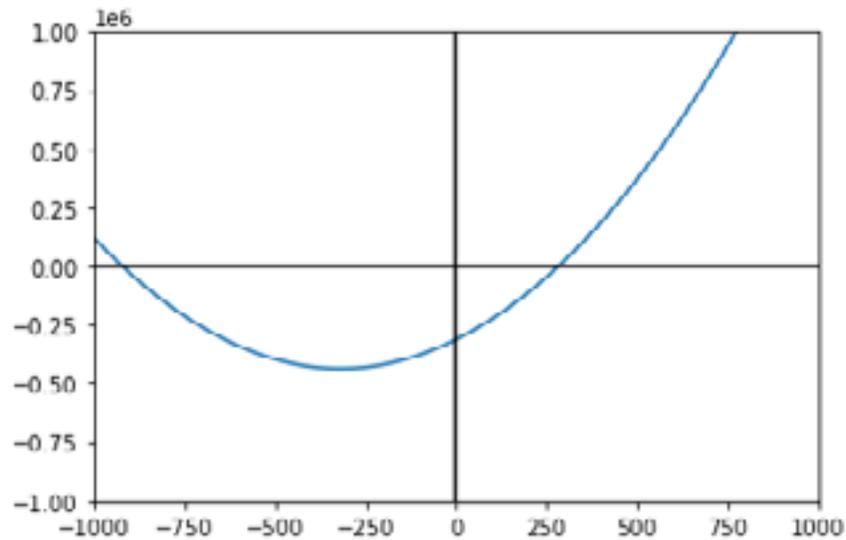
- Definimos nuestra función  $f_1(x)$ .
- Elegimos el rango de valores en el eje  $x$  para la gráfica.
- Para poder graficar nuestra función fue necesario importar las librerías **matplotlib** y **pyplot**, las cuales nos permiten generar gráficos según nuestras necesidades, una vez importadas las librerías utilizamos las siguientes funciones.
- **pyplot.plot**: nos provee de un framework de gráficos parecido a MATLAB. En otras palabras, nos proporciona una colección de funciones que permiten que matplotlib funcione como MATLAB.
- **pyplot.axhline**: añade una línea horizontal al conjunto de ejes. Su principal parámetro, “ $y$ ”, controla la coordenada “ $y$ ” de la línea y nos permite establecer el color del eje.
- **pyplot.axvline**: esta función es equivalente a la anterior, mostrando una línea vertical cuya coordenada “ $x$ ” se controla mediante el parámetro “ $x$ ”.
- **pyplot.xlim** y **pyplot.ylim**: Nos permiten limitar la longitud de nuestros ejes.
- **pyplot.savefig**: Nos permite controlar la resolución de la figura guardada a través del parámetro **dpi**, también sirve para variar los formatos mientras guardamos la trama.
- **pyplot.show()**: Permite mostrar el resultado como imagen.
- Analizando la gráfica podemos elegir nuestra primera iteración  $x_0$  y aplicar el método de Newton-Raphson.

## Método de Newton-Raphson

1. Importamos la librería **math**, esta nos ofrece el uso de funciones matemáticas dentro del conjunto de los números reales.
2. Importamos la librería **numpy**, esta nos permite crear vectores, matrices, tablas entre otras herramientas matemáticas de alto nivel.
3. Definimos nuestra función y su derivada utilizando la expresión **lambda** que nos permite declarar de forma corta funciones pequeñas y anónimas.
4. En base a nuestro gráfico elaborado inicialmente elegimos nuestra primera iteración  $x_0$
5. Establecemos una tolerancia.
6. Escribimos **tabla = []**, esto para que nuestros resultados queden dentro de los corchetes.
7. Establecemos la tolerancia del error absoluto.
8. Iniciamos un ciclo **while** y establecemos lo siguiente:
  - Que el error absoluto sea  $\geq$  que la tolerancia
  - Introducimos la fórmula del algoritmo de Newton Rhapsion
  - Introducimos la fórmula para calcular el error absoluto
  - Agregamos como un nuevo elemento las columnas de nuestra tabla con la función `append`.
9. Para terminar de dar formato a la tabla creamos un **array** con los datos de **numpy**
10. Finalmente configuramos nuestra salida con el uso de la función **print**

## Resultados

- Gráfica:



- Código con iteración  $x_0 = 250$

```

#Analizando la gráfica podemos elegir nuestra primera iteración x0 y aplicar el método de Newton-Raphson
MÉTODO DE NEWTON-RAPHSON

# Introducimos la función y su derivada
fx = lambda x: 1.2*pow(x,2)+766.5*x-312319.4

dfx = lambda x: 2.4*x+766.5

x0 = 250
Tolerancia = 0.001

# PROCEDIMIENTO
tabla = []
errorabsoluto = abs(2*Tolerancia)
xi = x0
while (errorabsoluto>Tolerancia):
    xnuevo = xi - fx(xi)/dfx(xi)
    errorabsoluto = abs(xnuevo-xi)
    tabla.append([xi,xnuevo,errorabsoluto])
    xi = xnuevo

# convierte la lista a un arreglo.
tabla = numpy.array(tabla)
n = len(tabla)

# SALIDA
print(['xi', 'xnuevo', 'errorabsoluto'])
numpy.set_printoptions(precision = 4)
print(tabla)
print('Raíz en: ', xi)
print('Con un error de: ',errorabsoluto)

```

- Resultados

```
['xi', 'xnuevo', 'errorabsoluto']
[[2.5000e+02 2.8344e+02 3.3439e+01]
 [2.8344e+02 2.8251e+02 9.2746e-01]
 [2.8251e+02 2.8251e+02 7.1457e-04]]
Raíz en: 282.5108341015988
Con un error de: 0.0007145655604858803
```

- Código con iteración  $x_0 = -1000$

```
#Analizando la gráfica podemos elegir nuestra primera iteración x0 y aplicar el método de Newton-Raphson
#MÉTODO DE NEWTON-RAPHSON
# Introducimos la función y su derivada
fx = lambda x: 1.2*pow(x,2)+766.5*x-312319.4
dfx = lambda x: 2.4*x+766.5
x0 = -1000
Tolerancia = 0.001
# PROCEDIMIENTO
tabla = []
errorabsoluto = abs(2*Tolerancia)
xi = x0
while (errorabsoluto>Tolerancia):
    xnuevo = xi - fx(xi)/dfx(xi)
    errorabsoluto = abs(xnuevo-xi)
    tabla.append([xi,xnuevo,errorabsoluto])
    xi = xnuevo
# convierte la lista a un arreglo.
tabla = numpy.array(tabla)
n = len(tabla)
# SALIDA
print(['xi', 'xnuevo', 'errorabsoluto'])
numpy.set_printoptions(precision = 4)
print(tabla)
print('Raíz en: ', xi)
print('Con un error de: ',errorabsoluto)
```

- Resultados

```
['xi', 'xnuevo', 'errorabsoluto']
[[-1.0000e+03 -9.2582e+02 7.4185e+01]
 [-9.2582e+02 -9.2128e+02 4.5374e+00]
 [-9.2128e+02 -9.2126e+02 1.7103e-02]
 [-9.2126e+02 -9.2126e+02 2.4299e-07]]
Raíz en: -921.2608341011746
Con un error de: 2.4298662992805475e-07
```

## Conclusión

Se dio una solución de manera matemática, en relación a la programación y métodos numéricos a un problema de Balance de materia y energía.

El cual se ve a través del programa de Python y su exportación de librerías, es que pudimos a partir de la programación encontrar las temperaturas para la resolución de este problema, es así donde podemos notar que este es uno de los primeros pasos para encaminarnos a lo que es la inteligencia artificial. Como sabemos Python funciona a través de la exportación de librerías que tienen diferentes funciones para las diversas necesidades, estas también incluyendo bases para algoritmos capaces de comprender y analizar diversas funciones.

Al ser Python, uno de los lenguajes de programación, con mayor popularidad en el mundo, al poseer una menor complejidad en su código, lo han convertido en el medio más aceptable para la creación de sistemas de inteligencia artificial. Las bibliotecas de Python abarcan áreas de computación científica avanzada y el aprendizaje automático como Numpy, Scipy, y Oybrain. Por tal motivo, su amplio uso en los lenguajes para inteligencia artificial.

En las bibliotecas de códigos de fuentes de los diversos lenguajes de programación orientados a Machine Learning, están los algoritmos que representan ese aprendizaje preprogramado para ciertas acciones. Entre las bibliotecas más populares y útiles de Python para la inteligencia artificial, se destacan según el portal artificial.net, las siguientes:

## Visualización

- Matplotlib: es una librería netamente gráfica, y es la más conocida de Python. Permite crear gráficos tanto digitales como impresos.
- Seaborn: Es una librería basada en matplotlib, pero orientada a la visualización de datos estadísticos. Posee una interfaz gráfica de alto nivel para datos estadísticos.
- Bokeh: Permite visualizar datos de forma interactiva en un navegador web. Crea gráficos dinámicos e interactivos que se ajustan en tiempo real.



## Referencias

S/A. (2016). Método de Newton-Raphson. 14 octubre 21, de unam.mx.Sitio web: 2016-02-21-023809\_METODO\_DE\_NEWTON\_cla.pdf (unam.mx).

Juan Rodriguez. Capítulos 3. Balances de materia. Consultado el 14 de Octubre de 2021 <https://juanrodriguez.files.wordpress.com/2012/03/balance-de-materia-de-procesos-no-reactivos.pdf>

# DE REMEMBRANZAS ESTAMOS HECHOS. DEL SALÓN DE DIBUJO A LA VIRTUALIDAD Y DE AHÍ, A LA PRESENCIALIDAD



*Huberta Márquez Villeda\**

*<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México  
[hubertamarquez@gmail.com](mailto:hubertamarquez@gmail.com)*



## Resumen

Lo que mueve a escribir este trabajo, “De memorias estamos hechos. del salón de dibujo a la virtualidad y de ahí, a la presencialidad”, es la necesidad de reflexionar la práctica docente de los dos últimos años en relación a la experiencia vivida. Cabe decir, que ha sido en el contexto cambiante centrado en la seguridad sanitaria que llevó a un resguardo general de la comunidad académica y estudiantil culminando en un encierro paulatino, lo que afectó de forma indirecta a la educación en sí y a la práctica docente en particular. A lo largo de este tiempo se ha detectado que el proceso de enseñar se ha transformado para la mejora, para continuar con la tarea emergente de educar en situaciones complejas. Es por ello, que bajo la observación del fenómeno dado en la práctica docente se plantea un estudio de caso de la asignatura de dibujo de diseño y comunicación visual de Fes Cuautitlán-UNAM, que describe el proceso de enseñanza-aprendizaje del dibujo por medio de la virtualidad. Así pues, la búsqueda de información directa *in situ* con el estudiante en acción, permitió detenerse en la exploración de los pasos y procesos que se dispusieron en el uso de la sala zoom como estrategia de enseñanza, que, en el proceso, se observó que es abismal el tiempo que existe entre

lo presencial y lo virtual. Por lo tanto, ante este escenario cambiante, la remembranza por medio de la narrativa es un recurso al que se recurre para documentar momentos de incertidumbre y cambio en los cuales la toma de decisiones es fundamental. Prestar atención al mundo como contexto del acto de educar, invita a reflexionar pequeñas acciones que como ser humano toca realizar, las cuales, deben ser diseccionadas y expandidas hacia nuevas motivaciones, que permitan ver que la práctica docente, la experiencia del aprendizaje, las estrategias y las técnicas de enseñanza se vieron alteradas por un contexto lleno de cambios, donde la enseñanza del dibujo presencial tuvo un cambio imprevisto.

**Palabras clave:** Enseñanza/aprendizaje, dibujo, virtualidad, cambio, incertidumbre

---

## Antecedentes

Dice John Berger que la enseñanza del dibujo, *es un lugar común y que reside en mirar. Descubrir líneas donde no las hay, descubrir figuras donde solo objetos existen.* (2011, 7)

El trabajo que se presenta, *Del salón de dibujo a la virtualidad y de ahí a la presencialidad*, nace en la investigación doctoral en artes y diseño (2019) en el área de conocimiento Docencia en artes y diseño, con la línea de investigación, la enseñanza y aprendizaje en la educación superior, situada en el espacio del taller de dibujo en su modalidad presencial y que los ajustes dados por las necesidades del contexto en el que se ha visto, no cambia la esencia de la misma, ya que, todo cambio debe considerarse para el beneficio mismo de la investigación, pues adaptarse a las nuevas circunstancias o al cambio es una de las propuestas que hace Morín en los siete saberes de la educación para el futuro (1999).

Dice Carrillo en su texto *La enseñanza del dibujo en México* que (Reyes, 2010) es necesario enseñar a dibujar en la educación superior porque el dibujo es el pilar de todos los problemas de construcción de lo visual y, además, es un vehículo imprescindible

para la materialización de la idea. Reflexiones de este tipo permiten recordar que, dibujar es una acción cotidiana del ser humano, y que hay que reforzar la necesidad de reflexionar la enseñanza del dibujo, las estrategias y las aportaciones de estas en el aprendizaje, así como, la experiencia del aprendizaje y el acto de dibujar.

En este sentido, la enseñanza del dibujo es una actividad y práctica milenaria que ha tenido que modificarse según circunstancias y necesidades, se ha adaptado a los nuevos materiales y las nuevas tecnologías. Se ha movido de espacio de enseñanza, desde el estudio del artista, al taller de dibujo, del salón de clases a un espacio idóneo dentro de casa, hasta la virtualidad.

De igual forma, el contexto movable nos sumerge en un mundo disperso de adaptación simultánea. Y así, de forma casi paralela en tiempos y espacios, el dibujo se ha transformado, desde ser un documento visual de carácter histórico, hasta ser material didáctico en y para la docencia.

Esto, ha quedado registrado en los libros de arte, diseño, comunicación, antropología, arqueología, pedagogía en los que celosamente descubrimos parajes que hacen recordar momentos del pasado, cuando los libros eran nuestros acompañantes fieles en el aprendizaje. Así, se puede corroborar que el dibujo es un documento visual, *es una hoja de papel, es un plano arquitectónico, es un contrato, copias de pinturas, no son bocetos, ni dibujos de ejercicios o apuntes* (Perrig, 2005, 416), son historias en escenarios bidimensionales.

Los elementos gráficos traducidos a códigos de comunicación revisten sucesos que se encuentran enmarcados en revoluciones, vestigios, avances científicos, armamento y con alcances abismales donde los códigos visuales son puentes de comunicación donde el tiempo sólo es un factor de medida, pero no determinante para la contemplación y sublimación total de la experiencia de ser parte de ese momento histórico.

Los dibujos, son documentos que narran los hechos de la humanidad y, en pleno siglo XXI el dibujo no puede quedarse varado en la contemplación de los hechos, ya que se observan nuevos sistemas y procesos de creación dibujística (las tecnologías son un factor importante), es decir, que se está en un nuevo contexto donde todo es posible, es rápido y no hay tiempo para quietismos. Las tecnologías de la comunicación, las redes sociales, los medios de relacionarse están sujetos a los cambios inmediatos del ser social.

De esta forma, los tutoriales se vuelven material didáctico en el proceso de enseñanza/aprendizaje del dibujo. Pero a su vez, la enseñanza del dibujo desde la perspectiva docente se ve alterada por la inmediatez del tutorial.

Los medios tecnológicos aceleraron los métodos y se impusieron nuevas estéticas, los cánones de belleza se mimetizaban con estilos de superhéroes y animes, configurando el lenguaje del dibujo a procesos técnicos de aparente sencilla resolución, pero al mismo tiempo, y de forma contrastante ha dotado de nuevas estéticas y otras habilidades y experiencias a los nuevos dibujantes con instrumentos digitales.

Por ello, el dibujo debe ser una actividad en evolución y adaptable a los tiempos cambiantes, que se ejercite siempre, y no cuando se crea que se está inspirado, ya que la inspiración es un mito que se emuló conforme las artes plásticas se vieron revolucionadas en el insipiente siglo XX con los cambios proporcionados por las vanguardias artísticas, sin dejar de lado el mecanicismo, los nuevos materiales, las revueltas sociales, los movimientos literarios, filosóficos, científicos y otros aspectos propios del contexto.

### *Lo ideal*

Así pues, bajo los argumentos anteriores, se puede considerar que la enseñanza del dibujo desde la práctica docente se centra en una enseñanza abierta y con una relación comunicativa receptiva y emancipadora, donde se permite la vivencia, la experimentación y el reconocimiento de los medios como principio del aprendizaje. Pero, sobre todo, se permite el cambio de pensamiento evolutivo que de forma urgente y emergente hay que hacerlo presente. Decía Emiliano en la clase de dibujo III “El mundo se está acabando, todos los días hay muertes por COVID y yo, tengo que seguir dibujando” Teníamos una cita todos los martes y jueves a las cinco de la tarde vía meet o zoom y el objetivo era dibujar, dibujar. Esa era nuestra tarea y en una suma de estrategias se entrelazan las actividades y prácticas de dibujo, donde, la sugerencia era la reflexión crítica ante el acto mismo de dibujar, repensando el proceso sin perder la mirada hacia el supuesto resultado y la experiencia misma en este contexto cambiante. Ha sido necesario examinar el objetivo de la enseñanza del dibujo en todos los tiempos, pero sin dejar de lado la tarea histórica que el dibujo posee como lenguaje no verbal desde lo ideal. Tal vez, sea necesario prestar atención en el hecho de indagar en los procesos de enseñanza aprendizaje del dibujo, las prácticas, los procesos, las técnicas y medios dibujísticos, pero ahora desde el **objetivo** de la recolección de información sobre la experiencia del acto de dibujar en tiempos complejos, que, más que necesario es –urgente–

En el campo de la enseñanza-aprendizaje, se requieren más que habilidades didácticas por parte del docente para involucrar a los estudiantes en su propia formación y construcción como ser humano, de acuerdo con Gadotti (en **Yañez** 2013, 9) se requiere *aprender con emoción, enseñar con alegría*, parece fácil volver al gesto infantil de la sorpresa y la curiosidad para encontrarse con el aprendizaje, de principio parece algo complejo, pero es fácil cuando el docente hace de su tarea un acto placentero lleno de *pasión, humildad, responsabilidad y generosidad* (en **Yañez** 2013, 9) que si bien, es aún más complejo en un mundo cambiante, donde el docente muchas de las veces no decide ser docente, sino, que son las circunstancias que lo llevan a ese lugar de acción. En el cual debe hacer lo que corresponde a su actividad, formar y construir seres humanos con algo más que un gis y un pizarrón. Ya que la docencia, es un proceso sistematizado esencial que para la apropiación plena de un conocimiento conlleva una responsabilidad al enseñarlo.

Para ello, es indispensable pensar que hace falta mucho más que conocimientos especializados sobre el tema en específico que se va a impartir para alcanzar los fines esperados y prestar atención a entornos que posibiliten una enseñanza hacia la comprensión como: ambientación, equipamiento y mobiliario, así como espacios de dispersión para el encuentro de convergencia social.

Que si bien, se sabe que es el desarrollo de un tema lo que se debe enseñar, son los medios, las técnicas y las estrategias las intermediadoras de dicho aprendizaje, donde en esta relación directa entre el docente y el estudiante es vital seguir construyendo relaciones y redes que estructuren nuevos pensamientos hacia la toma de decisiones en situaciones adversas.

### ***La evocación, un lugar a donde ir de vez en cuando***

La práctica docente, las estrategias y las técnicas de enseñanza, la experiencia del aprendizaje se vieron alteradas por un contexto lleno de desconciertos, por lo tanto, la enseñanza del dibujo presencial tuvo un cambio imprevisto, la situación social contextual mundial en el mes de marzo del 2019 obligó a modificar los modos y los hábitos de la enseñanza presencial de forma inimaginable. Que si bien, algunos docentes ya hacían uso de los medios tecnológicos para sus clases presenciales, ahora estos funcionarían como medios didácticos de primera acción, suplantaron el aula, el pizarrón, convirtiéndose en el espacio que por tanto tiempo la escuela como construcción arquitectónica había sido -el lugar de encuentro-.

Entonces, de un momento a otro estábamos -docentes y estudiantes- inmersos en una dinámica diferente. Recuerdo que era día de asueto cuando nos comunicaron que entrábamos en cuarentena, no preguntamos, no preguntaron, se asumió como algo determinante, pero al mismo tiempo -pasajero-. No existió la pregunta si estábamos preparados para la enseñanza a distancia, no importó si éramos nativos digitales o milenia, se cambió el gis y el pizarrón por un medio ya insertado en la vida, los medios móviles se convirtieron en la herramienta emergente para seguir con la tarea. Un correo electrónico bastó para comunicarnos con el otro. Acordamos formas de trabajo, hubo una movilización digital.

Todos (nivel básico, media superior y superior) detuvimos lo que tenía años de ser una forma establecida de llevar a cabo la enseñanza y el aprendizaje. Los rituales de cada mañana se cambiaron por cinco minutos más, por un descanso prolongado, por un ahorita, por un -desayuno en familia-.

Compartimos la experiencia de una clase en el aula virtual. Se quedó en espera el momento del encuentro social con los compañeros de primer ingreso. Algunos estudiantes manifestaron su incomodidad, otros, no dijeron nada, no estaban preparados para esta sorpresa de primer ingreso, de reingreso, de permanencia y egreso. Al mismo tiempo surgía la pregunta, ¿qué era lo peor de esta situación académica?, pero al mismo tiempo, debió haber surgido una reflexión en torno a, qué era lo mejor de esta situación pandémica.

Así, los estudiantes presenciales mutaron a ser estudiantes a distancia sin dejar ser presenciales, a la hora de la clase puntuales escribieran en el grupo de whatsapp. Todo daba inicio en un saludo reiterativo, ¡Buenas tardes maestra! ¡Buenas tardes! ¡maestra, buenas tardes! y da inicio el ritual<sup>1</sup>.

Las aulas virtuales fueron dotadas de una comunicación viva, los nombres propios tuvieron un nuevo rostro, los rostros fueron cambiados por iconos, e imágenes nada que ver con el nombre. Algunos, se dieron el lujo de un seudónimo.

Mientras los estudiantes a distancia permanecieron en su dinámica, los estudiantes presenciales hicieron presencia en los medios digitales de comunicación, bajo la consigna de ¡somos a distancia, pero presenciales!

Las plataformas se movilizaron crearon nuevos ambientes virtuales educativos (ya los había, pero ahora eran obligatorios para la enseñanza presencial). Los foros

<sup>1</sup> En este caso se comprende el ritual, como los hábitos que se siguen en la enseñanza en el aula. El saludo, la pregunta recurrente hacia los alumnos. ¿Cómo están?, el pase de lista y el inicio de la clase a partir de alguna estrategia de enseñanza.

de participación se activaron para discutir los temas, convirtiéndose en el lugar de encuentro, parecía el pasillo escolar.

Los links de acceso la hicieron de la puerta de salón, se permitió la entrada o se denegaba el acceso, los sitios de internet se volcaron como material didáctico, los videos de youtube fueron los sitios a los que se recurrió para coincidir y los tutoriales se convirtieron en nuestros amigos fieles, compañeros, como libros bajo el brazo.

Los textos parecían invisibles ante los ojos de los estudiantes, fueron pantallas abstractas compartidas para leerse en momentos especiales.

Las aulas virtuales se cristalizaban, fueron usadas como el lugar de encuentro, el lugar pedagógico y como herramienta didáctica. Instrucciones textuales en classroom, mensajes continuos en las redes sociales circularon en tiempo real, sincrónico y tiempo asincrónico. La tarea de ser estudiante y docente se mantenía en esencia, estábamos pisando la frontera del asesor y el asesorado.

A pasado poco tiempo si se compara con las grandes épocas de la historia, sin embargo, el tiempo en lo virtual se vuelve nuevamente relativo.

Y así, la enseñanza del dibujo se platicó, se platica y se platicará, se transformó, se transforma y se transformara. Un video del internet, un mensaje de video por el grupo de WhatsApp que muestra como ejecutar la técnica, como comprender los conceptos, el lenguaje gráfico, los sustratos, los medios y los materiales. Un audio desde casa se presentó como sustituto del docente, del taller de dibujo, del acto de dibujar. Teníamos acceso a nuestra casa a su casa, a la casa.

La asignatura de dibujo, está inserta en la licenciatura de Diseño y Comunicación Visual en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, es una signatura práctica que requiere un espacio físico idóneo para su actividad y ejercicio. Los restiradores, los bancos y el espacio para la modelo eran el lugar de la cita. El taller de dibujo, ese espacio diseñado exprofeso para la enseñanza del dibujo dejó de tener la utilidad específica, se convirtió en un -no lugar-, en algo que evocar. Tal vez, en aquel tiempo, sólo hacíamos lo que creíamos teníamos que hacer. Dibujar bajo una instrucción directa.

Volver a la prespecialidad sigue siendo una pregunta constante, ¿alguien sabe si este semestre si regresamos a presencial? El silencio es la mejor respuesta, cada semestre hicimos la misma pregunta, momentos de incertidumbre, pero llenos de confianza, hicieron que la pregunta fuera parte de la dinámica de la clase.

Las manos del estudiante no están a la vista, no se observa cómo se dirigen los medios para hacer un trazo. Del otro lado de la pantalla es sólo un imaginario, sólo se ven sus

rostros mirando hacia la cámara, atentos al audio y con sus ojos a la ventana del chat. En silencio. A veces en un terrible silencio.

Bajo este contexto se reitera que se vio irrumpida la práctica docente presencial en su sentido tradicional, por lo tanto, el salón de dibujo se convirtió en el taller del docente, los materiales estaban al alcance, los medios estaban ahí, listos para dibujar al unísono. ¡Nunca antes había dibujado tanto en el salón de clase y para la clase!, volver a la presencialidad no debe ser igual, debe ser mejor.

## Resultados y discusión

La evocación anterior sobre la enseñanza desde la virtualidad y el salón de dibujo como un no lugar, ponen en la mesa situaciones que no volverán, sin embargo, para la particularidad de la investigación doctoral este trabajo ha fungido como una parada, un descanso, donde ha sido necesario volver el tiempo, centrarse en la problemática observada y en la propuesta sugerida -la experiencia vivencial del acto de dibujar en lo presencial y ahora en la virtualidad-, para lo cual, es importante prestar atención al acto de enseñar y aprender como un binomio y así explorar lo que se ha hecho con relación al acto de enseñar aprender a dibujar y la experiencia misma ante este acto dentro de contextos de incertidumbre durante este periodo de tiempo de pandemia.

Para ello, detenerse en una remembranza del acto de enseñar/aprender a dibujar como una actividad humana milenaria que se ha forjado básicamente entre dos actores sociales -el que enseña y el que aprende- en un espacio específico, en cualquier circunstancia o situación ha sido sustancial, ya que, son ambos los que comparten un interés común, un tiempo y un espacio.

Por lo tanto, la conciencia del ser docente y ser estudiante, se centra en la honestidad de enseñar y de aprender, guiar el camino del estudiante en su formación profesional, a esto, dice Maturana (Sánchez, 2005, 30) que *en muchos casos cuando se abren espacios de encuentro, de conversación honesta se abren igualmente espacios para el quehacer y aparece el placer en el hacer de los otros*, agrega que, *estamos en la época de la honestidad y la colaboración, ya que, lo que concierne a uno concierne a todos*, en ese sentido no hay resultados absolutos, hay posibilidades que invitan a continuar con la labor docente desde la reflexión activa y crítica. A tal caso, la relación docente/estudiante como binomio se construye a cada momento de continuidad e interacción<sup>2</sup>, tal como lo propone Dewey (2010) en su teoría de la ex-

<sup>2</sup>Continuidad e interacción, son términos que se desarrollarán con amplitud en el capítulo dos, ya que responden a dos criterios que Dewey considera *relevantes para la comprensión de la experiencia y potencializarla en los alumnos; así como distinguir que son valiosas a partir de las que no lo son.* (Dewey, 2010)

perencia, por medio del proceso enseñanza-aprendizaje que milenariamente ha persistido bajo distintos nombres y asignaturas o tareas determinadas por contextos propios. Ante lo anterior, se propone una reflexión de los alcances didácticos de los que se ha hecho uso para dar continuidad con la tarea docente en la enseñanza del dibujo mientras llega el regreso a la presencialidad.

<b>Medio de comunicación</b>	<b>Receptores</b>	<b>Actividad realizada</b>
Grupo de WhatsApp	Grupo completo: Los días de clase	Para saludar y enviar el link de acceso para la clase virtual
Correo electrónico	Grupo completo: Envíos individuales	Para enviar las evidencias de cada evaluación.
Clases virtuales meet	Grupo completo: Los días de clase	Introducción al tema, explicación de los temas y muestra e actividades.
Cámara mirando el proceso de dibujar	Para todo el grupo: Ver la cámara en día de clase	Dibujar explicando el tema, los medios y materiales.
Video cortos	Para todo el grupo: Explicación de los temas	Explicando particularidades temas, medios de dibujo y técnicas.
Audios generales	Para todo el grupo: Cortos y concisos.	Explicación de asuntos generales, temas, entregas y dudas.
Audios particulares	Para un solo alumno: Dudas concretas	Explicación del tema a una duda en particular.
Mensajes personalizados	Diálogo directo asincrónico: Charla, comunicación, anécdotas.	Retroalimentación, problemas familiares, personales, intercambio de opiniones, motivación etc.
Carpeta de evidencia (tres por semestre)	Enviada por correo electrónico	Narrativa de la experiencia de aprendizaje, desarrollo de temas, practica y actividades realizadas y conclusión.

Cada medio utilizado para la comunicación con el estudiante, ha sido un canal que abre siempre una nueva dialogicidad. Entre lo sincrónico y lo asincrónico, la comunicación es más abierta que cerrada, por cierto, ¿Alguien sabe cuándo vamos a

volver a presencial?, no, no lo sabemos, pero la última circular de rectoría dijo que en cuanto se den las condiciones sanitarias, volveremos paulatinamente, mientras, sigamos con la tarea correspondiente.

Aprender a enseñar es recuperar la experiencia, evocarla y reconstruirla lleva al estudiante a transformarse con su aprendizaje. Repasar la experiencia en la memoria sensorial y llevar a la práctica su aprendizaje le harán trascender hacia la finalidad de aprender a dibujar.

## Conclusión

Los tiempos adversos enseñan al ser humano a ser mejor, a mirar su historia y a seguir el camino. Y en concordia con **Freire** (1967), él entendió la educación como una acción política, donde se toma conciencia de los problemas sociales y familiares. Ser activo, ser pensante. **Dewey y Durkheim** dicen que la educación es meramente un acto social. Entonces, las cualidades del docente y del estudiante pasan al nivel pragmático de la educación, pues el objetivo es dar forma.

El estudiante que aprende a dibujar por medio de un conjunto de prácticas debe comprender que situarse en el momento de aprender dibujo es el problema a resolver, aprender en toda la estructura del acto es tener conciencia de su contexto. Dibujar es la tarea, pero ¿dibujar para qué? es la sustancia. Dibujar como expresión, dibujar como comunicación, dibujar como la experiencia misma.

Más allá de expresar las emociones y sentimientos al momento de dibujar, el estudiante se enfrenta ante una necesidad que requiere ser atendida. Los motivos para dibujar desde una experiencia subjetiva, solo son el principio básico de la representación. El estudiante, debe saber que eso que dibuja es parte de su mundo observado, es una abstracción de lo que sus sentidos han percibido.

## Agradecimientos

Gracias a los estudiantes que han compartido conmigo la docencia, que a pesar de sus silencios, micrófonos y cámaras apagadas cuando se trata de enviar evidencias todos comparten su práctica. Gracias a UNAM-DGAPA por el financiamiento del proyecto PIAPIME que ha dado la oportunidad de que los estudiantes se integren a proyectos extracurriculares para seguir aprendiendo.

## Referencias

- Berger, J. (2010). *Sobre el dibujo*. España: Gustavo Gili.
- Durkheim, E. (1996). *Educación y sociología*. México: Coyoacán.
- Dewey, J. (2010). *Experiencia y educación*. Madrid: Biblioteca nueva
- Freire, P. (1967). *La educación como práctica liberadora*. Sao Paulo: Siglo XXI.
- Reyes, d. l. (2014). *La enseñanza del dibujo en México*. México: Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Sánchez M. López M. (2009) *Educar ¿para qué?* México: UACM.
- Yáñez, J. C. (2013). *Aprendiendo a enseñar. Los cambios de la docencia*. México: En buen plan. Universidad de Colima.
- Toman, R. (2005). *El arte en la Italia del renacimiento. Arquitectura, escultura, pintura, dibujo*. México. ULLMANN&KONEMANN



# ESTRATEGIAS PARA DESARROLLAR EL PENSAMIENTO CRÍTICO EN LOS FUTUROS DOCENTES DE QUÍMICA A NIVEL SECUNDARIA



*Edith Hernández Vázquez*

*Escuela Normal Superior de México. Av. Manuel Salazar s/n, Col. Ex Hacienda El Rosario C. P. 86690  
Alcaldía Azcapotzalco, CDMX, México. [edith.hernandezv@aeefcm.gob.mx](mailto:edith.hernandezv@aeefcm.gob.mx)*



## Resumen

En la metodología actual se hace un énfasis en las relaciones entre la química, la vida cotidiana y los aspectos sociales; en la idea de lograr una buena alfabetización científica en los estudiantes de química a nivel secundaria, en la Escuela Normal Superior de México, institución en la que se prepara a los futuros docentes de química en la Licenciatura en Enseñanza y Aprendizaje de la Química en Educación Secundaria, se emplearon estrategias didácticas tendientes a desarrollar el pensamiento crítico en los docentes en formación, en las asignaturas de Nociones Básicas de química y de Estructura y propiedades, que corresponden al primero y segundo semestres de su plan de estudios; para que en un futuro cercano sean capaces de despertar el entusiasmo por la asignatura que impartan, para que los adolescentes que atiendan logren movilizar sus saberes para solucionar problemas de su entorno.

**Palabras clave:** Pensamiento crítico, aprendizaje, química, docente secundaria, ENSM

## Antecedentes

La enseñanza de la química ha presentado importantes cambios en los últimos años. Desde los años sesenta, década en que se modernizó e intensificó de la presencia de las ciencias en los currículos, también se incrementó en los años setenta el empleo de nuevas metodologías en los salones de clase, y durante la siguiente década se optó por el enfoque de «ciencia, tecnología y sociedad» (CTS), aplicado a la enseñanza de la ciencia, hasta los más recientes conceptos sobre enseñanza de las ciencias como el modelo STEAM que está utilizándose con gran auge en la actualidad. (Meróni, Copello y Paredes, 2015)

Sea cual sea la metodología que se emplee, el énfasis de esta enseñanza se sitúa, entonces, en las relaciones entre la química, la vida cotidiana y los aspectos sociales; con el propósito de formar ciudadanos capaces de tomar decisiones basadas en aspectos científicos y tecnológicos. Lo importante es lograr una verdadera alfabetización científica, para que los estudiantes sean capaces de comprender la química, como construcción humana, y esto solo es posible si se lleva a cabo la contextualización de la ciencia, es decir, si la ciencia se relaciona con la vida cotidiana y permite dar respuesta a las necesidades e intereses de los estudiantes. (Caamaño, 2011).

Ahora bien, en lo que respecta a la formación de los futuros docentes de Licenciatura en Enseñanza y Aprendizaje de la Química en Educación Secundaria, en la Escuela Normal Superior de México (ENSM), la enseñanza de la química presenta condiciones diferentes a la ciencia que se enseña en otras Instituciones de Educación Superior. Para atender los fines y propósitos de la educación normal y las necesidades esenciales de aprendizaje de los futuros docentes, el diseño curricular del nuevo Plan de estudios 2018 retoma los enfoques didáctico-pedagógicos que se vinculan con los contenidos y desarrollo de las áreas de conocimiento, para que los profesores en formación haga uso de diversos métodos de enseñanza, estrategias didácticas, formas de evaluación y de la capacidad para crear ambientes de aprendizaje que respondan a las finalidades y propósitos de la educación obligatoria y a las necesidades de aprendizaje de los estudiantes. (DGESuM, 2018)

## Propuesta

Frecuentemente se considera dentro del ámbito docente que uno de los objetivos primordiales de la educación es formar personas críticas y autónomas, y para lograr este cometido se requiere cuestionarse sobre la mejor forma de llevarlo a cabo, debido a que el aprendizaje de las ciencias es un ámbito generador de un pensamiento crítico y reflexivo que puede ser útil para la autonomía y la autoestima.

Una de las competencias fundamentales que es necesario desarrollar en los futuros docentes es el pensamiento crítico, que ha sido clasificado como una competencia transversal necesaria para el aprendizaje, y su enseñanza es importante para el desarrollo de habilidades de pensamiento en el aula y en la vida, ya que permite expandir las capacidades para la innovación y la creatividad, la investigación y el aprendizaje permanente, además promueve la reflexión, la interpretación, el análisis, la argumentación y la valoración del conocimiento; también mejoran la calidad de vida del estudiante, su futuro desempeño profesional, su autoimagen y autoestima, además de incrementar su motivación al autoaprendizaje (Molina-Patlán, C., Morales-Martínez, G. y Valenzuela-González, J., 2016).

Justo es debido a estas razones que se decidió llevar a cabo un proyecto con los futuros docentes de la Escuela Normal Superior de México. Se trabajó con los estudiantes de primero y segundo semestre de Licenciatura en Enseñanza y Aprendizaje de la Química en la escuela secundaria, a quienes se impartieron las asignaturas de Nociones Básicas de Química y Estructura y propiedades respectivamente.

Debido a que las clases durante todo el ciclo escolar pasado fueron en línea, se estructuraron diferentes actividades que permitieran la mejor enseñanza de los temas empleando diferentes recursos. Las estrategias estaban encaminadas a desarrollar el pensamiento crítico en ellos, para cuestionar los argumentos teóricos presentados en los distintos textos que consultaron y la relación que podían llegar a tener estos conceptos con aspectos en la vida real.

Las actividades se clasificaron principalmente en cuatro tipos:

a) Actividades considerando recursos de la web. En ella se incluyeron:

1. La realización de cuestionarios en formularios de Google. Se emplearon como evaluación diagnóstica en algunos temas o como evaluación sumativa

de una unidad. Los reactivos que se emplearon en ellos fueron de opción múltiple o de relación de columnas. (Ver Fig. 1)

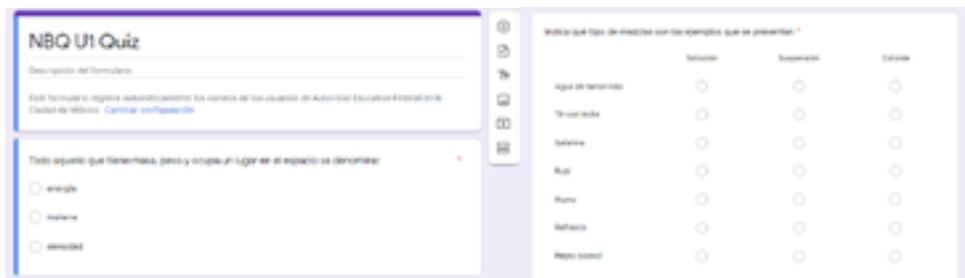


Fig. 1. Cuestionarios de Google

2. Visualización de vídeos con preguntas a través de la herramienta Edpuzzle, que es una aplicación amigable que permite introducir preguntas a videos de YouTube, con la intención de rescatar los aprendizajes adquiridos sobre un tema en particular. Las preguntas que se pueden realizar son de opción múltiple o bien preguntas abiertas. En la Fig. 2 se presenta un ejemplo de su uso.



Fig. 2 Preguntas en Edpuzzle

Una de las grandes ventajas que tiene el empleo de estas aplicaciones es que las calificaciones que obtienen los estudiantes se pueden enviar directamente a la plataforma Classroom, que es la que se está utilizando para registro y evaluación de los estudiantes en la ENSM.

3. Una historieta en la que los estudiantes se organizaron por equipo para explicar todos los modelos atómicos que se consideran para su enseñanza en secundaria, desde el modelo de Dalton hasta el modelo atómico actual. Para su realización se utilizaron plataformas como Canva, o Pixton, y se subieron a Classroom para su evaluación. (Ver Fig. 3)



Fig. 3. Historieta en Pixton sobre modelos atómicos

b) Actividades en equipo:

1. Para poder auxiliar a los estudiantes en la correcta solución de los ejercicios, se empleó el chat de Meet y documentos compartidos en Google drive. Lo importante era que aquellos estudiantes que tuvieran problemas en la realización de la actividad pudieran preguntar a sus compañeros de equipo o a la docente, para poder comprender las respuestas correctas.

A través de esta actividad se realizaron ejercicios para el cálculo de la concentración porcentual, a través de la solución de diversos ejercicios de aplicación, pero considerando soluciones de importancia biológica como la solución glucosada, la solución salina fisiológica, la solución Hartmann, etc.; también se empleó para la determinación de partículas subatómicas, configuraciones electrónicas o balanceo de ecuaciones químicas. (Ver Fig. 4)

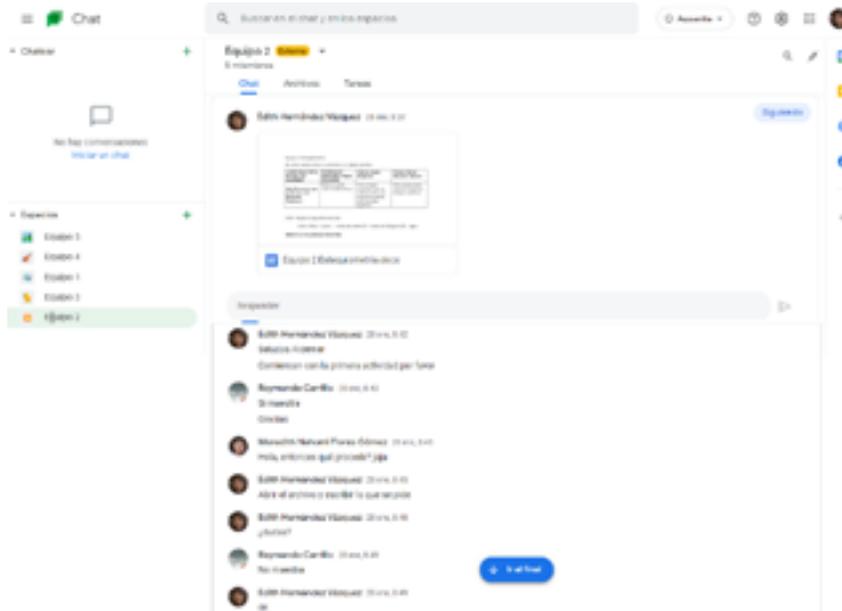


Fig. 4 Chat de Google para resolución de ejercicios en equipo.

2. También se pidió que buscaran isótopos naturales de importancia médica. El reporte lo realizaron por equipo a través de una infografía, y para ello emplearon plataformas como Canva o Lucidchart. Para la evaluación de los trabajos se solicitó la explicación durante las clases. (Ver Fig. 5)



Fig. 5 Infografías de isótopos de importancia médica.

3. Investigación de la clasificación de soluciones suspensiones y coloides, pero de mezclas que fueran importantes para el ser humano, principalmente. Los resultados de la investigación se concentraron en una presentación de Power point, con una breve explicación de cada uno de ellos, y se expusieron durante clases. Este material no sólo era para cumplimiento de clase, sino que en un futuro puede ser empleado para la impartición de clases en sus jornadas de práctica docente y también en su ejercicio profesional en las aulas de clase. (Ver Fig. 6)



Fig. 6 Presentaciones de Power Point

c) Realización de vídeos, en la que ellos pusieran en práctica el trabajo de los conceptos impartidos en clase. Específicamente ellos realizaron vídeos para:

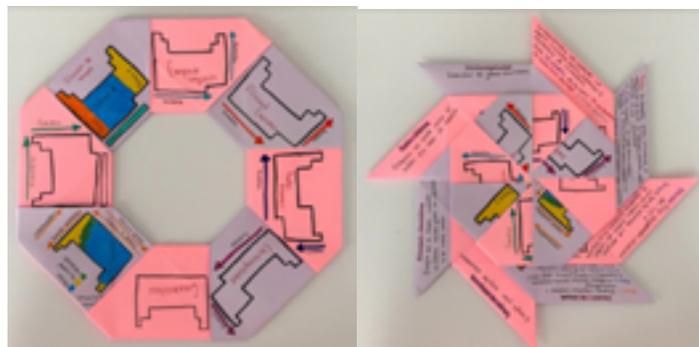
1. La elaboración de cristal dulce, pero con la explicación de sus componentes y la clasificación del producto como una solución.
2. El reconocimiento de coloides en la cocina, ya que algunos alumnos hicieron mayonesa.

Como puede notarse en la Fig. 7, los videos fueron grabados con su celular y subidos a la plataforma YouTube; para su socialización y análisis entre los compañeros de clase se enviaron los links de estos a la plataforma Classroom.



*Fig. 7 Realización de videos para preparación de coloides*

d) Uso de papiroflexia: se construyó un rehilete de 8 picos, en el que se plasmaron las propiedades que se estudian en la tabla periódica. Los estudiantes consideraron esta actividad como una buena estrategia para sintetizar la información en un organizador gráfico diferente, y que podría ser una excelente técnica para llevarse a cabo con los estudiantes de secundaria. (Ver Fig. 8)



*Fig. 8. Rehilete de 8 picos sobre propiedades en la tabla periódica*

## Conclusiones

Los resultados que se obtuvieron como consecuencia del trabajo con este tipo de actividades fueron satisfactorios, ya que no sólo se recibían los trabajos en las asignaciones respectivas, sino que se cuestionaba la utilidad que tenían cada una de ellas, sobre todo porque cada una de las tareas solicitadas en las asignaciones de cada uno de los cursos tenía que relacionarse con las labores que, en un futuro, los docentes en formación puedan aplicar en las aulas de clase.

Dentro de las competencias que se solicitan en los estudiantes de la Licenciatura en Enseñanza y Aprendizaje de la Química en Educación Secundaria se pretende que los estudiantes sean capaces de atender situaciones y resolver problemas del contexto escolar, del currículo de la educación obligatoria, de los aprendizajes de los alumnos, de las pretensiones institucionales asociadas a la mejora de la calidad, así como de las exigencias y necesidades de la escuela y las comunidades en donde se inscribe su práctica profesional.

Trabajar en la enseñanza de la química exige agudizar los sentidos: atreverse a buscar respuestas, a construir y a reconstruir la ciencia. Propicia que los docentes involucrados en esta tarea alcancen distintas formas de análisis, y preferentemente desarrollen un pensamiento crítico que les permita la evaluación de información relevante, para que sean capaces a su vez de propiciar este tipo de actitudes en los alumnos de tercero de secundaria. Si las estrategias se emplean adecuadamente, los temas tratados en clase generarán algún tipo de inquietud o expectativa y paulatinamente los adolescentes que se atiendan llegarán a la solución de problemas empleando los conocimientos que se incluyen dentro de sus planes de estudio, logrando por ende que mejoren el contexto en el que se desenvuelven.



## Referencias

- Caamaño, A. (2011) Enseñar Química mediante la contextualización la indagación y la modelización, *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Vol. 69, pp. 21 – 34. [https://www.researchgate.net/publication/283363895\\_Ensenar\\_Quimica\\_mediante\\_la\\_contextualizacion](https://www.researchgate.net/publication/283363895_Ensenar_Quimica_mediante_la_contextualizacion)
- DGESuM (2018) Plan de Estudios Licenciatura en Enseñanza y Aprendizaje de la Química en Educación Secundaria. Dirección General de Educación Superior para el Magisterio. <https://www.cevie-dgesum.com/index.php/planes-de-estudios-2018/121>
- Meróni, G., Copello, M. y Paredes, J. (2015) Enseñar química en contexto. Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria. *Educación Química*. Vol. 26, No. 4. pp. 275 – 280.
- Molina-Patlán, C., Morales-Martínez, G. y Valenzuela-González, J. (2016) Competencia transversal pensamiento crítico: Su caracterización en estudiantes de una secundaria de México. *Revista Electrónica Educare*, vol. 20, núm. 1, pp. 237-262. <https://www.redalyc.org/journal/1941/194143011011/html/>
- SEP (2011) Las Ciencias Naturales en Educación Básica: formación de ciudadanía para el siglo XXI. México pp. 11 - 40 [http://www7.uc.cl/sw\\_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/biblioteca/LIBROS/LibroAgustin.pdf](http://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/biblioteca/LIBROS/LibroAgustin.pdf)

# EL GRADO DE SATISFACCIÓN DE ESTUDIANTES DE NIVELES MEDIO SUPERIOR Y SUPERIOR RESPECTO A LAS CLASES EN LÍNEA DURANTE EL SEGUNDO SEMESTRE DEL 2020



*Patricia Vilchis Esquivel\*<sup>1</sup>, Verónica Vilchis Esquivel<sup>2</sup>, Linda Emi Oguri Campos<sup>3</sup>*

*<sup>1</sup>Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma del Estado de México*

[pvilchise@uaemex.mx](mailto:pvilchise@uaemex.mx)

*<sup>2</sup>Plantel "Ignacio Ramírez" de la Escuela Preparatoria, Universidad Autónoma del Estado de México*

[vvilchise@uaemex.mx](mailto:vvilchise@uaemex.mx)

*<sup>3</sup>Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma del Estado de México*

[leoguric@uaemex.mx](mailto:leoguric@uaemex.mx)



## Resumen

El estudio presenta las voces de los estudiantes de instituciones de educación media superior y superior frente a los desafíos educativos a partir del confinamiento por la pandemia Sars Cov2. Estudiantes y docentes, como protagonistas en la tarea educativa, se han visto en la necesidad de desarrollar habilidades y destrezas que coadyuvan en la adquisición una actitud más autodidacta que les permita atender la implementación de los nuevos modelos educativos, la pertinencia de la capacitación en el uso y el manejo de las tecnologías digitales en aras de priorizar las nuevas condiciones bajo las que operarán ahora las escuelas del presente para avanzar en la construcción de las escuelas del futuro y procurar así la garantía de una educación de calidad.

Palabras clave: Educación, estudiantes, docentes, nuevo modelo educativo.

## Antecedentes

El vínculo tecnología - educación, se ha robustecido en los últimos dos años, si bien es cierto que la tecnología había evidenciado avances y enfrentado sus propios desafíos respecto a la educación, la pandemia por el Sars Cov-2, puso en pausa al planeta, los países decretaron el confinamiento de sus habitantes, las casas se transformaron en centros educativos y de trabajo con la finalidad de atender los protocolos de salud y salvaguardar la vida.

La educación en todos sus niveles fue trastocada. La normalidad ha transitado a una “nueva normalidad” que permita hacer frente a los desafíos actuales, incluido el tema de la educación. Se migró el modelo educativo presencial a la modalidad full online, si bien es cierto que las tecnologías educativas tenían ya recorrido el camino, surgió la necesidad de convertir de manera intempestiva los programas educativos presenciales a modelos que permitieran el trabajo a distancia, ha requerido un arduo proceso de reorganización, el desarrollo de nuevas habilidades de liderazgo tanto en docentes como en las autoridades educativas y, por su parte, los estudiantes han tenido que desarrollar otras que les permitan enfrentar un nuevo contexto que precisa autodeterminación, disciplina, responsabilidad, autonomía y paciencia en aras de adquirir una actitud autodidacta. Al respecto, el Ministro de Egipto, Tarek Shawki, afirmó que en solo unos días se logró un progreso en la enseñanza digital y a distancia, superior a los últimos diez años (UNESCO, 2020).

Alrededor del mundo, autoridades educativas, docentes y estudiantes han emprendido acciones para evitar, en medida de lo posible, el menor impacto respecto a la recesión mundial en materia de educación procurando adecuarse al contexto de la pandemia.

Para marzo de 2020

*... el número de estudiantes afectados por el cierre de escuelas y universidades en 138 países casi se ha cuadruplicado hasta alcanzar los 1.370 millones, lo que representa más de 3 de cada 4 niños y jóvenes en todo el mundo. Asimismo, alrededor de 60,2 millones de maestros en el mundo tampoco pueden trabajar en las aulas (UNESCO, 2020).*

La circunstancia prevalece, alumnos y docentes se han ido adaptando a tales eventualidades; se desarrollaron nuevos hábitos, nuevas formas relacionales, se ajustaron los espacios, hubo que disponer de equipos de cómputo -más que nunca- personales y procurar la mejor conectividad para instalar las aulas virtuales que apoyadas en

plataformas virtuales y redes sociales, no dieran tregua al proceso educativo.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2020), afirma que, como parte del esfuerzo educativo, “todos los países” han recurrido a la televisión pública como recurso para alcanzar al mayor número de estudiantes en las zonas en que quedaron confinados.

Frente a esta realidad, no es posible esperar de manera apacible el regreso de los tiempos; en materia educativa, responder a las preguntas qué hacer y cómo hacerlo, permitirá favorecer el porvenir de miles de estudiantes, atender la importancia de su rendimiento escolar y su permanencia en la preparación profesional, ya que si bien, la desigualdad educativa por la falta de acceso a la educación formal ya existía, en las actuales circunstancias se abre una nueva brecha educativa delineada por los entornos privilegiados y entornos desfavorecidos de los que forman parte los estudiantes en esta era digital.

En el marco de esta situación, los estudiantes son protagonistas en la tarea educativa, son la razón del esfuerzo y del empeño, pues más allá de un cliché, representan el futuro mismo y sobre ellos descansa la esperanza de promisorio. Ante lo intempestivo del cambio se hicieron las propuestas y los estudiantes, también intempestivamente

*En palabras de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), a través de su comunicado El impacto del COVID-19 en la educación – Información del Panorama de la Educación 2020, señaló que la pandemia afectó también la educación superior, pues pese a que las universidades cerraron sus instalaciones y ...sustituyeron con rapidez las clases presenciales con el aprendizaje en línea, a menudo tuvieron dificultades por la insuficiencia de experiencia y tiempo para concebir nuevos formatos de impartición de educación y tareas. (OCDE, 2020).*

Así los estudiantes se volvieron a las nuevas prácticas, invirtiendo horas y horas frente a las pantallas, clases, tareas y exámenes eran el motivo.

Una diversidad de conductas y comportamientos surgieron con el tiempo, lentes cerrados con fotografías en lugar de cámaras abiertas, micrófonos cerrados, ausencias en clases, apatía y entusiasmo como una mezcla agrisulce, pero ¿cómo lo viven? ¿qué les representa? ¿cómo se sienten? ¿qué prefieren? ¿qué avizoran?

## Objetivo

El objetivo de la presente investigación es conocer el grado de satisfacción de estudiantes de los niveles medio superior y superior respecto a las clases que recibieron en línea durante el segundo semestre del 2020. Con ello, se busca contribuir al conocimiento sobre el tema en investigaciones sobre el análisis y replanteamiento de los estudiantes como actores principales en la educación media superior y superior, pues, son fuente primaria de aciertos y desaciertos en las nuevas modalidades educativas, servirá para reconocer las competencias y habilidades que necesitan desarrollar en condiciones de crisis como ha sido el contexto sanitario por el virus de Sars-Cov2.

## Parte experimental (Metodología)

Para dar curso a la investigación, se aplicó un cuestionario de 24 preguntas cerradas a 101 estudiantes con el propósito de conocer el grado de satisfacción de estudiantes de los niveles medio superior y superior respecto a las clases que recibieron en línea durante el segundo semestre del 2020, en el que ya estaban más adaptados a las clases virtuales, se solicitó información sobre la práctica docente, las plataformas virtuales, el tiempo invertido, la carga de trabajo, entre otros, para identificar los retos a los que se enfrentan y las áreas de oportunidad para mejorar fórmulas y estrategias de acción. Los datos obtenidos se lograron mediante la aplicación de un cuestionario diseñado y dispuesto en Google Forms, dirigido a estudiantes de preparatoria y diferentes licenciaturas. Se solicitó responder dicho cuestionario de forma precisa y honesta. Posteriormente, se llevó a cabo el trabajo de análisis e interpretación de los datos.

La investigación tiene un corte mixto, pues como señalan Hernández, Fernández-Collado y Baptista (2006, pp. 536-537) “la naturaleza compleja de la gran mayoría de los fenómenos o problemas de investigación abordados en las distintas ciencias están constituidos por dos realidades, una objetiva y la otra subjetiva”; visiones que se combinan en la parte técnica y metodológica.

Aplicarlo el cuestionario fue sencillo y conveniente, se hizo a una muestra no probabilística por conveniencia, se hizo la invitación a diferentes grupos de estudiantes y ellos decidieron participar.

El estudio es del tipo transversal y con alcance exploratorio.

## Resultados y discusión

Los 101 estudiantes que participaron en el estudio para conocer el grado de satisfacción sobre la nueva modalidad de educación en línea, se concentraron en los siguientes rangos de edad:

Gráfica 1

### 1. Selecciona tu edad

[Más detalles](#)

● 14- 17	50
● 18- 23	45
● 23 en adelante	6



El 50% de los estudiantes que participaron en la encuesta, tienen entre 14 y 17 años; 45% son mayores de edad, rebasan los 18 años; y solo 6 % del total, tienen más de 23 años.

Gráfica 2

### 2. Selecciona el nivel educativo que estudias

[Más detalles](#)

● Nivel Medio Superior	55
● Nivel Superior	46



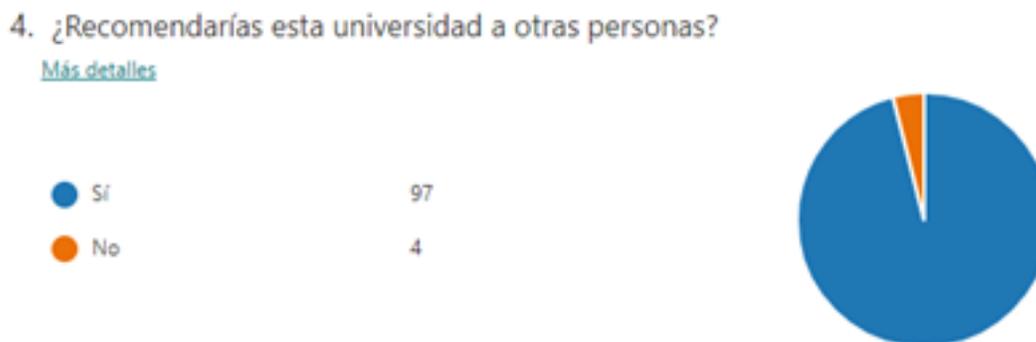
55 % de los encuestados estudian el nivel medio superior y el 45 % restante, están cursando alguna licenciatura.

Gráfica 3



La mayoría de los encuestados pertenecen al sexo femenino 67% y el 34 % restante son masculinos.

Gráfica 4



En respuesta a la pregunta sobre si recomendarían la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex), una destacada mayoría, afirma que lo haría, 97%; el 3% restante respondió que no.

Gráfica 5

5. ¿Cómo te sientes respecto a los profesores y su desempeño en línea?

[Más detalles](#)

<span style="color: blue;">●</span> Muy satisfecho	14
<span style="color: orange;">●</span> Satisfecho	53
<span style="color: green;">●</span> Neutral	30
<span style="color: red;">●</span> Insatisfecho	3
<span style="color: purple;">●</span> Muy insatisfecho	1



Al ser cuestionados respecto al desempeño de los profesores, poco más de la mitad, 53% de ellos, dijeron estar satisfechos con su trabajo en línea; 30% dijeron ser neutrales a la respuesta; los insatisfechos, están representados por el 3% y los muy insatisfechos, por el 1%.

Gráfica 6

6. Los profesores utilizaron diferentes recursos didácticos para impartir las clases

[Más detalles](#)

<span style="color: blue;">●</span> siempre	44
<span style="color: orange;">●</span> algunas veces	56
<span style="color: green;">●</span> nunca	1



Con relación al uso de recursos didácticos en las clases, el 56% de los estudiantes señalaron que algunas veces los empleaban; mientras que el 44%, dijeron que siempre los usaban.

Gráfica 7

7. ¿Cuál fue la principal plataforma que emplearon los profesores para impartir las clases?

[Más detalles](#)

● Microsoft Teams	98
● Zoom	2
● Google Meet	0
● Schoology	1
● Otra	0



La plataforma que más se empleó durante el segundo semestre del 2020, fue Microsoft Teams, representado por el 98% de quienes así lo señalaron; Zoom y Schoology apenas se mencionaron.

Gráfica 8

8. El tiempo para cada clase fue

[Más detalles](#)

● Adecuado	89
● Inadecuado	12



Con relación al tiempo que se empleó para cada clase, los estudiantes puntualizaron que fue el adecuado, 89%; el otro 12% dijo que fue inadecuado.

Gráfica 9

9. ¿Consideras que profesores y alumnos respetaron tiempos de trabajo?

[Más detalles](#)

● Sí	72
● No	28
● Otras	1



A la pregunta sobre el respeto que mostraron los profesores respecto a los tiempos de trabajo, el 72% de los encuestados, dijeron que sí lo respetaron; mientras que el 28% restante, lo negaron.

Gráfica 10

10. ¿El tiempo que permaneciste en línea se reflejó en tu aprendizaje?

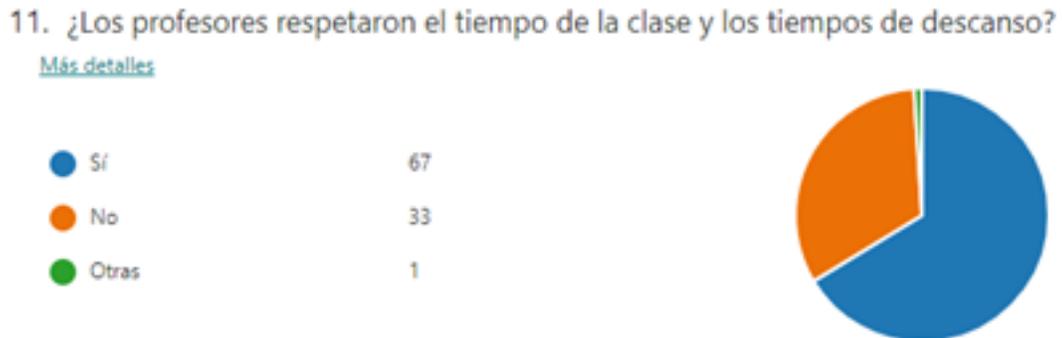
[Más detalles](#)

● Sí	70
● No	30
● Otras	1



El 70% de los estudiantes afirmaron que el tiempo que invirtieron en línea reflejó su aprendizaje, el 30% restante, dijo que no.

Gráfica 11



Con relación al respeto que mostraron los profesores ante los tiempos de clase y de descanso, el 67% de los encuestados, dijeron que sí los respeteron; frente al 33% que dieron que no hubo tal respeto.

Gráfica 12



El 92% de los estudiantes, puntualizaron que la mayoría de las clases fueron síncronas; el otro 9% dijeron que fueron asíncronas.

Gráfica 13

13. ¿Cuál es el principal reto para los profesores en su trabajo desde casa?

[Más detalles](#)

● El manejo de la tecnología	36
● La preparación de la clase incl...	30
● La conexión a internet	32
● El horario	3



Desde la perspectiva de los alumnos, el reto principal que los profesores enfrentan es el manejo de la tecnología con un 36%; seguido por la conexión a internet, con un 32%; y el 30% refiere la preparación de la clase.

Gráfica 14

14. Los profesores durante las clases fueron

[Más detalles](#)

● Flexibles	96
● Inflexibles	5



El 96% de los estudiantes dijeron que los profesores fueron flexibles durante las clases.

Gráfica 15

15. Los materiales en las clases síncronas fueron

[Más detalles](#)

● Adecuados	97
● Inadecuados	4



Los materiales en las clases síncronas, al 96% de los estduainates, les parecieron adecuados.

Gráfica 16

16. Los profesores dejan mucho trabajo extra

[Más detalles](#)

● Siempre	20
● Algunas veces	71
● Nunca	10



El trabajo fuera de las clases solo fue algunas veces, así lo hicieron saber el 71% de los alumnos que participaron en el estudio; 20% de ellos, dijeron que siempre dejaban mucho trabajo extra; y el 10% restante, dijo que nunca dejaron mucho trabajo extra.

Gráfica 17

17. Los profesores se comprometieron con sus clases

[Más detalles](#)

● Siempre	75
● Algunas veces	26
● Nunca	0



Ante la pregunta sobre el grado de compromiso de los docentes en sus clases, el 75% de los alumnos dijeron que siempre estuvieron comprometidos; el 26% señalaron que solo algunas veces.

Gráfica 18

18. ¿Los profesores revisaron tus trabajos y te entregaron retroalimentación?

[Más detalles](#)

● Siempre	58
● Algunas veces	42
● Nunca	1



El 58% de los alumnos dijeron que los profesores siempre revisaron sus trabajos y les dieron retroalimentación; el 42% dijeron que solo algunas veces.

Gráfica 19

19. ¿Durante las clases los profesores fueron comprensivos con los estudiantes ante los problemas de conectividad?

[Más detalles](#)

● Siempre	58
● Algunas veces	42
● Nunca	1



Frente a la pregunta de la comprensión que mostraron los profesores respecto a los problemas de conectividad, el 58% de los estudiantes, afirmaron que siempre fueron comprensivos; el 42% señaló que solo algunas veces; y el 1% de ellos, dijo que nunca fueron comprensivos.

Gráfica 20

20. ¿Durante las clases síncronas hubo participación activa de los estudiantes ?

[Más detalles](#)

● Siempre	29
● Algunas veces	72
● Nunca	0



El 72% de los alumnos, admitieron que solo algunas veces hubo participación activa de parte de los estudiantes durante las clases; el 29% dijo que siempre participaron.

Gráfica 21

21. ¿Seguirás estudiando en esta nueva modalidad?

[Más detalles](#)

● Sí	60
● No	12
● No sé	28
● Otras	1



Tras la pregunta de si seguirían estudiando en la modalidad a distancia, el 60% de ellos, respondió afirmativamente; el 28% de ellos, dijo que no sabía; y el 12% aseguró que no lo haría.

Gráfica 22

22. ¿Cómo consideras que ha sido tu aprendizaje?

[Más detalles](#)

● Bueno	29
● Regular	67
● Malo	5



Respecto al aprovechamiento del aprendizaje, el 67% de los estudiantes dijeron que lo consideran regular; 29% de ellos dijo que bueno; y el 5% restante dijo que malo.

Gráfica 23

23. ¿Cómo prefieres la educación?

[Más detalles](#)

<span style="color: blue;">●</span> En línea	6
<span style="color: orange;">●</span> Presencial	73
<span style="color: green;">●</span> Mixta	22



Con relación a la pregunta sobre la modalidad educativa que prefieren, el 73% de ellos señaló que la prefieren presencial; 22% optaron por mixta; y solo el 6% dijo que en línea.

Gráfica 24

24. ¿Qué recomendación harías a los profesores para mejorar las clases en línea?

[Más detalles](#)

101

Respuestas

Respuestas más recientes

*"que se informen mas sobre las clases en línea"*

*"Ninguna todo esta excelente "*

*"pues asta ahorita vamos muy bien en las clases "*

Finalmente, al preguntarles sobre las recomendaciones que harían a los profesores para mejorar las clases en línea, se destacaron 3: a) que se informen más sobre las clases en línea; b) todo está excelente; y c) van muy bien las clases.

En el análisis de las respuestas que arrojaron los resultados de la encuesta, se determina que los estudiantes encuestados de nivel medio superior y superior, están satisfechos con la calidad educativa de su Alma Mater, la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex), pues casi el total de ellos, la recomendarían. Lo que hace eco al Ranking Mundial de Universidades 2022 de Times Níger Education (THE, 2022), que la posiciona en el quinto lugar entre las instituciones de educación superior del país, públicas y privadas.

El trabajo que han desempeñado los docentes en línea lo califican como satisfactorio; el tiempo que emplean para cada clase es adecuado; la gran mayoría respeta el tiempo de trabajo y de descanso; los profesores son flexibles durante las clases; los materiales didácticos que utilizan son adecuados; no percibieron exceso de trabajo extra clase; advierten el compromiso de los docentes en sus clases; admitieron que sus trabajos son revisados y reciben retroalimentación de ellos; los profesores se muestran comprensivos con los problemas de conectividad; en general, los alumnos califican satisfactorio el trabajo de los docentes, aunque señalan que no siempre emplean recursos didácticos en las clases e identifican tres retos principales que enfrentan los docentes: a) manejo de tecnología; b) conectividad; y c) preparación de la clase. Lo que muestra con claridad aspectos relevantes a considerar para mejorar la práctica docente en la nueva modalidad.

Por otra parte, identifican un mayor uso de la plataforma de Microsoft Teams, esto a razón de que es la plataforma que la UAEMex ha destinado para uso oficial.

Respecto a su aprovechamiento académico, los estudiantes afirman que el tiempo invertido está vinculado con su aprendizaje, la mayoría lo califica como regular; admiten que no siempre ocurre la participación activa en las clases; más de la mitad señaló que seguirían estudiando en la modalidad en línea pero prefieren la presencial.

La UNESCO en su artículo *Evaluación y continuidad educativa en momentos difíciles: Encuesta de la UNESCO revela principales desafíos en América Latina en el marco de la pandemia*

Conmina a repensar los modelos de educación, a mantener el avance hacia currículos relevantes y atingentes para los ciudadanos del siglo XXI, y a tener sistemas educativos inclusivos y flexibles que den a cada estudiante la posibilidad de desarrollarse según sus fortalezas e intereses. (UNESCO, 2020).

En este sentido, es fundamental revisar el propósito social de las instituciones educativas

Para conservar su pertinencia, las universidades tendrán que reinventar los entornos de aprendizaje de modo que la digitalización amplíe y complemente, pero no sustituya, la relación estudiante-profesor y estudiante-estudiante. (OCDE, 2020).

## Conclusiones

Es evidente que los docentes han hecho un gran esfuerzo multiplicando sus tareas e incrementando el tiempo dedicado a las mismas, la capacitación tecnológica no ha sido opcional sino obligatoria para poder hacer frente al intempestivo desafío.

El contexto que impera ha dejado fuera las fórmulas dominadas, esta vez la educación tiene que plantearse con el uso de plataformas digitales, de modo que precisa la transformación educativa que haga frente a los nuevos desafíos.

Atender el tema en los términos en que se encuentra actualmente, requerirá de ingenio, creatividad y conocimiento pues es definitivo que la manera que se ha abordado la instrucción en todos los niveles permeará en el tiempo dado el impulso y compromiso que se ha otorgado pues poner pausa a una empresa tan relevante como es la educativa, dejaría en desventaja al país que lo pretendiera.

Las agendas de los gobiernos y las autoridades educativas tendrán que priorizar las nuevas condiciones bajo las que operarán ahora las escuelas del presente para avanzar en la construcción de las escuelas del futuro.

## Agradecimientos

Los autores agradecen la participación de los estudiantes de la UAEMex del periodo 2020B, que colaboraron en la encuesta.



## Referencias

Hernández, Fernández-Collado y Baptista (2006). Metodología de la investigación. México: McGraw-Hill.

OCDE, (2000). El impacto del COVID-19 en la educación – Información del Panorama de la Educación (Education at a Glance) 2020. Recuperado de: [https://www.oecd.org/centro-demexico/medios/EAG2020\\_COVID%20Brochure%20ES.pdf](https://www.oecd.org/centro-demexico/medios/EAG2020_COVID%20Brochure%20ES.pdf)

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2020). 1.370 millones de estudiantes ya están en casa con el cierre de las escuelas de COVID-19, los ministros amplían los enfoques multimedia para asegurar la continuidad del aprendizaje. París, Francia: UNESCO. Recuperado de <https://es.unesco.org/news/1370-millones-estudiantes-ya-estan-casa-cierre-escuelas-covid-19-ministros-amplian-enfoques>.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO) (2020). Evaluación y continuidad educativa en momentos difíciles: Encuesta de la UNESCO revela principales desafíos en América Latina en el marco de la pandemia  
Recuperado de: <https://es.unesco.org/news/evaluacion-y-continuidad-educativa-alc-covid-19>

The World University Rankings (2022). Clasificaciones Universitarias mundiales 2022. Recuperado de [https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2022/world-ranking#!/page/0/length/25/sort\\_by/rank/sort\\_order/asc/cols/stats](https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2022/world-ranking#!/page/0/length/25/sort_by/rank/sort_order/asc/cols/stats)

# EL ESTUDIO DEL CONTEXTO COMO UN ELEMENTO TRASCENDENTAL PARA LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO



*María Trinidad Contreras González<sup>\*1</sup>, Guillermo Contreras González<sup>2</sup>,  
Patricia Vilchis Esquivel<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma del Estado de México  
[mtcontrerasg@uaemex.mx](mailto:mtcontrerasg@uaemex.mx)

<sup>2</sup>Facultad de Odontología, Universidad Autónoma del Estado de México  
[gcontrerasg@uaemex.mx](mailto:gcontrerasg@uaemex.mx)

<sup>3</sup>Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma del Estado de México  
[pvilchise@uaemex.mx](mailto:pvilchise@uaemex.mx)



## Resumen

Bajo los contextos actuales en la educación, resulta inminente la validación de los panoramas para entender la complejidad de los casos de estudio y las interrelaciones que influyen en la obtención de resultados y comprensión de los mismos. Actualmente bajo los ejercicios de inmediatez que se ejecutan en los procesos de enseñanza-aprendizaje; el abordaje del contexto se encuentra limitado, determinando así la obtención de productos con una aplicación aislada y una apropiación del conocimiento supeditada a lo que genere el estudiante de manera empírica y sin una inducción pertinente. En el presente documento de investigación se abordó una metodología que permitió a los alumnos reconocer a la mnemotecnia como elemento trascendental para la validación del contexto; así como también seleccionar a la resiliencia como factor diferencial para la generación de aprendizaje significativo; ambos por medio del abordaje integral y profundo de los contextos para la generación de proyectos.

**Palabras clave:** contexto, enseñanza, aprendizaje, caso de estudio, análisis.

## Antecedentes

Dentro de los retos actuales en la educación resulta inminente la validación de los contextos para poder entender la complejidad de los casos de estudio de diferentes disciplinas y las interrelaciones que influyen en la obtención de resultados y comprensión de los mismos. Actualmente bajo los ejercicios de inmediatez que se ejecutan en los procesos de enseñanza-aprendizaje, el abordaje del contexto se encuentra limitado, determinando así la obtención de productos con una aplicación aislada y una apropiación del conocimiento supeditada a los enlaces mnemotécnicos posibles que genere el estudiante de manera empírica y sin una inducción pertinente.

A partir del panorama mencionado se identifica que es posible rescatar diferentes estrategias que permitan la generación de un aprendizaje significativo a partir de la comprensión del concepto de mnemotecnia y el uso pertinente de las diferentes estrategias existentes; en donde se establece que “La palabra mnemotecnia se deriva del griego *mnémee* (memoria), y *téchnee* (arte). Una regla mnemotécnica es un sistema sencillo utilizado para recordar una secuencia de datos, nombres, números, y en general para recordar listas de datos relacionando palabras, imágenes, etc.” (Psicología, 2021)

Entonces bajo principios mnemotécnicos dirigidos bajo pautas del aprendizaje significativo; será posible generar un reconocimiento, recordación y validación de los elementos del contexto que consoliden una representación simbólica para una comprensión óptima del tema y del caso de estudio abordado. Aquello que no se identifica y se reconoce difícilmente generará una apropiación y retroalimentación.

La deficiencia en la comprensión del contexto inhibe en primera instancia la identificación de una necesidad o problemática real a resolver conformada por un tiempo y espacio particulares, actores clave, descripción cultural (tradiciones, simbolismos, ideología), trascendencia y representaciones simbólicas. En donde el estudio del contexto:

“Visto desde la necesidad que los estudiantes desarrollen enfoques reflexivos para aprender, estos referentes teóricos están mostrando que además de la importancia que tiene el contexto como elemento a tener en cuenta para ambientar la enseñanza, y esto no solo de los estudiantes sino de los docentes, va indicando cuáles aspectos de est epueden ser valiosos y que no deben quedar por fuera del análisis que el docente haga. Los presaberes de los estudiantes, competencias previas, entorno familiar, y se retoma lo mencionado previamente que responde a experiencia previa en la institución, el currículo, el contexto social, la evaluación y el mismo docente” (Aaron Gonzalvez, 2016)

Es por ello que con base a las disparidades existentes en todo el alumnado dentro de cada grupo, se recomienda que exista un examen diagnóstico que permita al docente ubicar el nivel de conocimientos a priori y el bagaje cultural que posee el alumno para poder así establecer diferentes rutas para homologar el nivel grupal. Dichas estrategias subsanarán las carencias existentes en el grueso del grupo para permitir que validen los elementos contextuales de las diferentes y futuras temáticas y ejemplos o casos a trabajar.

Se recomienda que dentro de las estrategias de homologación sobre los conocimientos del alumnado exista una capacitación permanente que fomente la autogestión del alumno y la resiliencia personal y académica, en donde la resiliencia de acuerdo con (Flores Olvera, 2013, p. 6) consolida una nueva forma de trabajar que:

- “\*Permite que surja el máximo potencial de sí mismo
- \*Ayuda a afrontar las adversidades del desempeño y forma autodisciplina.
- \*Logra hacer conciencia de las capacidades y áreas de oportunidad.
- \*Propicia el cambio de aquello específico que lo requiere
- \*Incrementa la confianza en sí mismo, un alto optimismo y la sociabilidad.
- \*Fortalece la tolerancia a la frustración, de no alcanzar a la primera lo propuesto.
- \*Florece la autoestima.”

Es así que, la resiliencia puede ser comprendida como aquella capacidad para salir fortalecidos ante cualquier adversidad, desarrollando capacidades que van desde el reconocimiento del contexto hasta el afrontamiento del mismo; en donde los actores inmersos fungen como piezas clave que determinan causas, efectos e interrelaciones sin tomar un papel de víctima ante las situaciones complejas y más bien desarrollando la consolidación de una autoestima sana, fuerte y tolerante ante la frustración y los panoramas de crisis.

La incapacidad para validar, reconocer e interpretar el contexto puede surgir desde una conducta anómica la cual es definida como:

“una actitud enferma del individuo, una conducta desviada de la norma, que se caracteriza principalmente por transformar la visión real de sí mismo, por una visión errónea que demuestra la incompetencia del individuo y del grupo social para resolver problemas, para alcanzar optimismo y un alto estándar de vida, haciendo que se obtengan resultados negativos ante la adversidad. Es lo opuesto de la resiliencia nómica” (Flores Olvera, 2013, p.7)

La validación del contexto permite evaluar las condiciones reales para la resolución de una problemática en particular y así solventarlo desde los recursos existentes a partir de la autogestión, autoregulación y autopoiesis; en donde el alumno puede verse fortalecido a partir de la experiencia y de la socialización con sus pares bajo circunstancias específicas.

### Objetivo(s)

El objetivo general del presente trabajo es **Distinguir al contexto como un componente trascendental para la enseñanza y el aprendizaje significativo.**

Por lo que se determinan como objetivos específicos:

- 1.- Reconocer a la mnemotecnia como elemento trascendental para la validación del contexto.**
- 2.- Seleccionar a la resiliencia como factor diferencial para la generación de aprendizaje significativo.**

## Parte experimental (Metodología)

Para el abordaje de los objetivos antes planteados en el presente documento de investigación, se define una metodología de carácter cualitativo en donde se pretende reconocer, explicar y comprender los elementos objetivos y subjetivos del contexto. Es por ello que se elige al interaccionismo interpretativo, en donde "...los estudios culturales dirigen al investigador hacia una valoración crítica de cómo los individuos que interactúan, vinculan sus experiencias vividas con las representaciones culturales de tales experiencias" (Álvarez-Gayou Jurgenson, 2003, p. 73)

Es así que para el desarrollo de la parte experimental se eligió un grupo de 30 alumnos 9º semestre de Nivel Superior de la Licenciatura en Diseño Gráfico para el desarrollo de un proyecto de Marca; sin embargo, para ello se requiere el reconocimiento del contexto desde todas sus representaciones e interacciones simbólicas; así como también todas las interrelaciones y proyecciones posibles.

Se decidió que los alumnos desarrollarán las 5 etapas que se mencionan a continuación:

**Etapa 1- Reconocimiento del Marco Teórico de Marca:** Consiste en la identificación de los conceptos y teorías principales para la estructuración y consolidación de una Marca.

**Etapa 2- Proceso para el desarrollo de Marca:** Ejecución o praxis de los conceptos y teorías para la construcción de una Marca.

**Etapa 3- Casos de estudio a manera de ejemplos:** Exposición de tres casos de estudio de Marca con perfiles distintos y con un abordaje amplio del contexto, el cual les permitió lograr una consolidación trascendental en sus públicos meta.

**Etapa 4- Socialización:** Debate entre los alumnos para intercambiar valoraciones y percepciones sobre los conceptos y teorías vistos aplicados a los distintos casos de estudio expuestos.

**Etapa 5- Desarrollo de Marca en Casos particulares:** Entrega de proyectos a partir de la contextualización detallada de los trabajos realizados.

## Resultados y discusión

El proceso metodológico previsto para el abordaje del contexto permitió que los alumnos tuvieran una directriz clara sobre los objetivos planteados; sin embargo tam-

bién encontraron libertad dentro de la particularidad de cada uno de los contextos que conocieron y reconocieron para el desarrollo de las distintas Marcas trabajadas.

En la Etapa 1 sobre el Reconocimiento del Marco Teórico de Marca, los alumnos en algunos casos no tenía el referente completo sobre el Marco Teórico; sin embargo se les brindaron los elementos suficientes para abordar los conceptos y teorías que fundamentan la construcción de etapas y estrategias para la Marca; como por ejemplo la clasificación de las imágenes logotípicas existentes, la segmentación del mercado, la construcción y desarrollo de branding, etc.

Referente a la Etapa 2 se involucró a los alumnos para conocer cómo se aplican los conocimientos previamente abordados y así poder aterrizarlos en la explicación en extenso de la Etapa 3, en donde se explicaron de manera puntual 3 casos de estudio de Marca específicos. Esta etapa resultó fundamental para la comprensión de la implementación de los conceptos y teorías para el desarrollo de Marca, debido a que se expusieron los ejemplos desde todos sus elementos contextuales: ubicación geográfica, época y fecha específicos, periodo histórico en donde se gesta, personas involucradas de manera directa e indirecta, valores y protocolos sociales, descripción cultural (tradiciones, simbolismos, ideología), trascendencia y representaciones simbólicas.

Posterior a ello en la Etapa 4 correspondiente a la Socialización, los alumnos compartieron sus percepciones reconociendo los diferentes elementos contextuales que resultaban ajenos a sus referentes; a partir del diálogo con sus pares y con los docentes lograron conocer y comprender que existen otros elementos distintos al contexto propio que determinan elementos identitarios trascendentales para la construcción de una Marca.

De manera final llegaron a la Etapa 5 en el Desarrollo de Marca para casos particulares, en donde los alumnos lograron aplicar de manera puntual los conocimientos abordados de manera previa y que vieron reflejados en los elementos contextuales previamente expuestos. Es así como se reafirma que la comprensión total o lo más completa posible del contexto, determina una adecuada implementación de los conocimientos adquiridos a partir de la sensibilidad para la interpretación y reinterpretación de las subjetividades posibles y existentes.

## Conclusiones

A partir del abordaje realizado en el presente texto de investigación se infiere que la validación del contexto surge a partir de la socialización, ya que a través del diálogo es posible validar las percepciones existentes y consensar las interpretaciones adecuadas; cumpliendo así con el objetivo general antes planteado en donde se pretende distinguir al contexto como un componente trascendental para la enseñanza y el aprendizaje significativo.

Es en el proceso de reconocimiento en donde a partir de principios mnemotécnicos los alumnos logran generar una vinculación y apropiación de los elementos percibidos para poder así otorgarles un sentido y una significación particulares.

Por otra parte se establece a la resiliencia como factor diferencial para la generación de aprendizaje significativo dentro del proceso de reconocimiento, apropiación y aplicación del conocimiento, ya que el alumno va adquiriendo capacidades y habilidades a partir del abordaje de contextos y naturalezas diversas.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al grupo de 9º semestre de la Licenciatura en Diseño Gráfico de la UAEMex del periodo 2020B, su colaboración para el trabajo de campo y obtención de resultados.



## Referencias

Álvarez-Gayou Jurgenson, J. L. (2003). *Cómo hacer investigación cualitativa. Fundamentos y metodología*. México: Paidós Educador.

Aaron Gonzalvez, M. A. (2016). *Redalyc*. Recuperado el 8 de Octubre de 2021, de <https://www.redalyc.org/journal/853/85350504004/html/>

Flores Olvera, D. (2013). *La Resiliencia nómica, mejor ambiente educativo, familiar, escolar y comunitario; una nueva realidad de la familia*. . México, D. F. : Instituto Internacional de Investigación para el Desarrollo A. C.

Psicología, P. C. (8 de Octubre de 2021). *Técnicas de Estudio, las Reglas Mnemotécnicas*. Obtenido de Psicoadapta. Centro de Psicología: <https://www.psicoadapta.es/blog/tecnicas-de-estudio-reglas-mnemotecnicas/>

# SECUENCIA DIDÁCTICA PARA EL APOYO EN EL APRENDIZAJE DE CÁLCULOS ESTEQUIOMÉTRICOS USANDO PROTOTIPOS CASEROS PARA EL NIVEL MEDIO SUPERIOR



*Rocío Villanueva Hernández<sup>1</sup>, Rosario Moya Hernández<sup>1</sup>,  
Adrián Ricardo Hipólito Nájera<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Laboratorio de Físicoquímica Analítica, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Cuautitlán Izcalli, C.P. 54700 México, México  
[rocio\\_villahz@comunidad.unam.mx](mailto:rocio_villahz@comunidad.unam.mx)*



## Resumen

El cálculo estequiométrico es una parte esencial del estudio de la química. Sin embargo, es de los temas más difíciles de dominar en alumnos de nivel medio superior. Ya que es explicado con prácticas tradicionales que no contemplan las diferentes formas en que los alumnos captan su medio que los rodea, como lo puede ser, la vista, la audición o la interacción directa con el material de enseñanza. Por lo que, en este trabajo, se presenta una propuesta de secuencia didáctica (SD) para el cálculo estequiométrico, en base al estilo de aprendizaje VAK (Visual, auditivo y kinestésico). Las SD presentan diferentes actividades audiovisuales (vídeos o juegos) y kinestésicas (desarrollo de prototipos caseros) que permiten atraer el interés del alumno y la comprensión de la información para aplicarla en su vida cotidiana. Además de poder ser seccionadas según el tiempo necesario.

**Palabras clave:** Estequiometría, aprendizaje visual, aprendizaje auditivo, aprendizaje kinestésico, prototipos caseros.

## Antecedentes

El cálculo estequiométrico es fundamental para diversas actividades de investigación e industrias del área química, por ejemplo, farmacéuticos, alimentos, aseo personal y limpieza.<sup>1</sup>

A pesar de que el cálculo estequiométrico es enseñado en nivel básico (secundaria), los estudiantes de nivel medio superior siguen considerando al cálculo estequiométrico como un tema abstracto, difícil de realizar y de poca aplicación, Fig. 1. La enseñanza de la ciencia en México (en dónde se incluyen los cálculos estequiométricos), no parece ser la más adecuada, ya que en las pruebas PISA de 2018, en el caso de México, el desempeño de los alumnos en el área de la ciencia está por debajo del promedio.<sup>2</sup> En el nivel medio superior, la enseñanza de la ciencia se basa en una visión algorítmica. El docente tradicional, copia ejercicios en el pizarrón y explica a los alumnos planteando pruebas con lápiz y papel. Este proceso de enseñanza difícilmente comprendido por los estudiantes.<sup>3</sup>

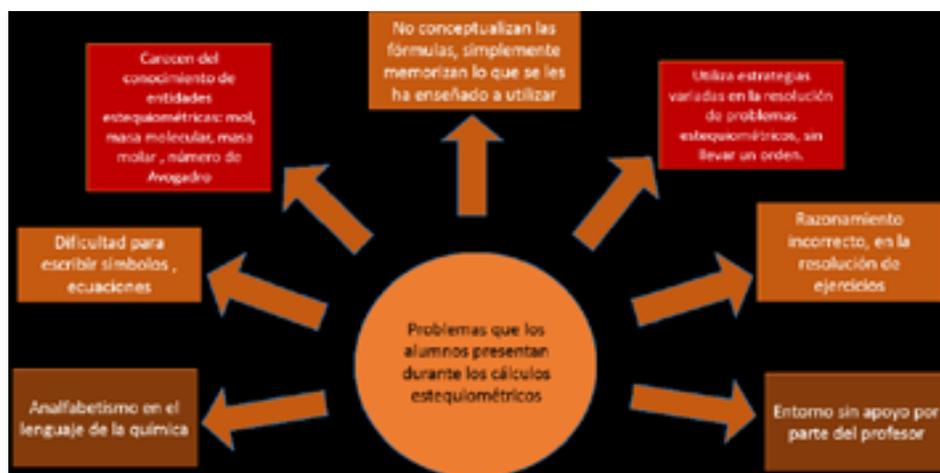


Fig. 1. Problemas más comunes que sufren los alumnos en los cálculos estequiométricos.

Se sabe que las personas aprenden de manera distinta, por lo que es necesario conocer cómo el educando aprende para un aprendizaje más eficiente. Los estilos de aprendizaje de cada persona se han planteado como Fig. 1. Problemas más comunes que sufren los alumnos en los cálculos estequiométricos, una combinación de características cognitivas, afectivas y psicológicas, que describen la interacción de la persona con el medio en el que se desarrollan. De esta manera se ha teorizado que la forma en que

se recibe la información es relevante, por ejemplo, existen personas con preferencias a retener mejor la información con estímulos visuales (aprendices visuales), mientras que otras personas con estímulos sonoros (aprendices auditivos) y otros con interacciones y movimientos, (aprendices kinestésicos). De esta clasificación surge el estilo de aprendizaje VAK.<sup>4</sup>

### **Objetivo(s)**

Proponer una secuencia didáctica como alternativa para captar la atención y el interés del estudiante en el cálculo estequiométrico, utilizando su percepción del modelo VAK (Visual, Auditiva y Kinestésica).

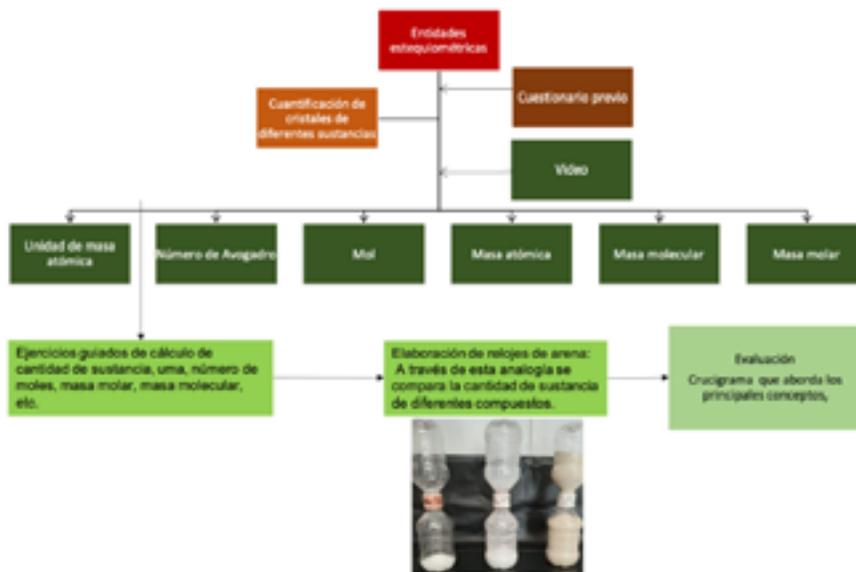
### **Metodología de la Secuencia**

La descripción de la propuesta se basa en una estrategia de enseñanza en tres unidades o módulos didácticos: entidades estequiométricas, cálculo mol-mol, cálculo masa-masa y reactivo limitante. Cada módulo se estructura en cuatro fases: indagación, introducción a las nuevas ideas, aplicación y evaluación del conocimiento.<sup>5</sup> Como herramienta para motivar y mejorar el aprendizaje, se hace uso de materiales lúdicos, analogías y prototipos caseros (de bajo costo y accesibles), durante el desarrollo de la estrategia. Cabe resaltar que un objetivo importante que se persigue en utilizar un diseño modular, es el de adaptarse a las expectativas del docente: se puede aplicar un módulo en consecutivo al siguiente, o bien, como alternativa aplicar solo un módulo o una parte de este.

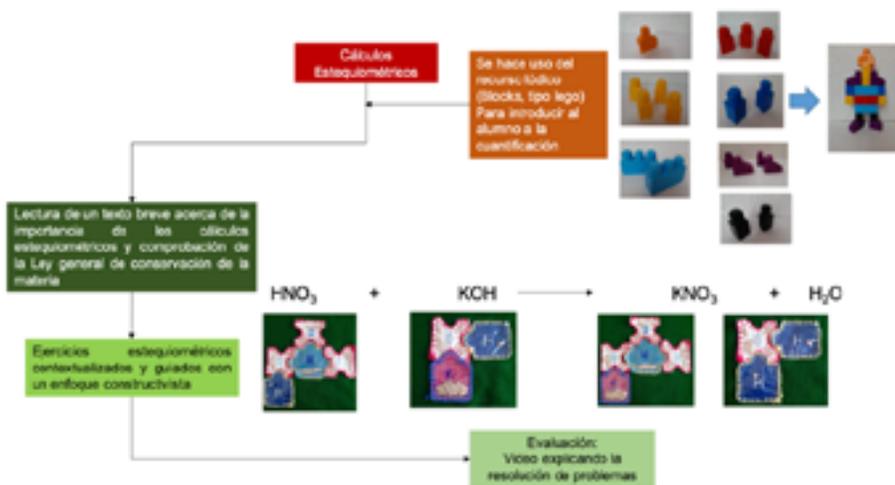
### **Discusión de Resultados**

A continuación se muestran las diferentes propuestas de SD. Además, se mencionan las diferentes propuestas audiovisuales y kinestésicas.

SD 1. Entidades estequiométricas.



SD 2. Cálculo mol-mol y masa-masa o cálculos estequiométricos.



SD 3. Reactivo limitante. Rendimiento de una reacción.



## Conclusiones

Se presentó una propuesta de secuencia didáctica, como alternativa a una enseñanza tradicional, en base al estilo de aprendizaje VAK. Las diferentes SD presentan diferentes actividades audiovisuales y kinestésicas que permitan la captación del interés del alumno. A pesar de que cada secuencia está pensada para durar 6 h, la presentación en forma de módulos de 2h facilita su aplicación. Se espera que en el futuro sea implementada en un curso de nivel medio superior para evaluar su desempeño y en la práctica, poder crear estructuras cognitivas en los alumnos para que sean capaces de aplicar el conocimiento adquirido en la resolución de problemas de la vida cotidiana y en su ámbito laboral.



## Referencias

- Serrano E, M Toro (2002). Resolución de problemas Estequiometría y mapas conceptuales, *Educación Química*, Vol 4 (1) p.p 1-17
- OECD (2019), *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>.
- Moreno J, Herreño J, López (2009) Estequiometría visible. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación científica* Vol 6 (3) pp. 477-482
- Krätzig, G. P., & Arbuthnott, K. D. (2006). Perceptual learning style and learning proficiency: A test of the hypothesis. *Journal of educational psychology*, 98(1), 238.
- Caamaño (2013). Hacer unidades didácticas: Una tarea fundamental en la planificación de las clases de ciencias. *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, núm. 74 . pp. 5-11.

# LEM V ALIMENTOS: EXPERIENCIAS DE APRENDIZAJE A DISTANCIA DE OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA EN ALIMENTOS



*María Elena Vargas Ugalde\*, Julieta González Sánchez.*

Facultad de Estudios Superiores Cuautitán, Universidad Nacional Autónoma de México, [mevargas@gmail.com](mailto:mevargas@gmail.com); [gonzalezjulieta@yahoo.com.mx](mailto:gonzalezjulieta@yahoo.com.mx)



## Resumen

Debido a las condiciones sanitarias impuestas por la pandemia de COVID-19, en 2020 y 2021 se requirió impartir a distancia el Laboratorio Experimental Multidisciplinario V, Se adaptó el sistema de aprendizaje basado en proyectos presencial, que normalmente se desarrolla en la Nave 2000 de Campo I de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, (FESC), a un sistema a distancia. Los estudiantes del grupo 2801, en el semestre 2021-2, realizaron distintos proyectos sobre operaciones de transferencia de masa en alimentos: Osmosis, Secado, Rehidratación, Deshidratación Osmótica y Lixiviación. Los avances académicos que tuvieron los estudiantes dependen de diversos factores, entre ellos su actitud ante el hecho de no poder acudir al laboratorio, el interés por desarrollar los proyectos y el aprovechamiento de los materiales e instrumentos con los que contaban. Se considera que se cubrieron los objetivos de aprendizaje de esta asignatura.

**Palabras clave:** Laboratorio Experimental Multidisciplinario V. Ingeniería en Alimentos, Educación a Distancia, Operaciones de Transferencia de Masa.

### Antecedentes

La licenciatura en Ingeniería en Alimentos que se ofrece en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, (FESC) U.N.A.M. contempla 8 asignaturas experimentales, incorporadas dentro del Laboratorio Único de Ingeniería en Alimentos, que se divide en dos partes, la primera, consiste en los Laboratorios de Ciencia Básica (LCB) I a III, los cuales se cursan en los tres primeros semestres de la carrera y la segunda, constituida por los Laboratorios Experimentales Multidisciplinarios (LEM) I a V, los cuales se cursan del cuarto al octavo semestre de la carrera, donde se estudian diferentes aspectos de la ingeniería en alimentos, uno por semestre, correspondiendo al LEM V el estudio de las operaciones de transferencia de masa que se emplean en el procesamiento, transformación o conservación de alimentos. Existe también una asignatura que se cursa en noveno semestre, el Taller Multidisciplinario de Ingeniería en Alimentos. que puede ser teórico, práctico o teórico-práctico según la opción elegida y el proyecto en particular que se desarrolle.

Los LEM's de manera presencial se cursan en los laboratorios L-423 y L-424 (LEM I y aproximadamente la mitad del semestre de LEM III, la otra mitad se cursa en la Nave 2000) y la Nave Industrial de Ingeniería en Alimentos ó Nave 2000 (LEM II a V), ubicada en el Campo I de la FESC, ahí se encuentran algunos equipos de planta piloto, equipos de laboratorio e instrumentos de medición útiles para hacer las determinaciones requeridas para el estudio de las operaciones correspondientes a cada LEM. Se tienen en la modalidad presencial 2 sesiones por semana, cada una de 5 horas. De acuerdo con el Plan de Estudios 2004 de la licenciatura en Ingeniería en Alimentos, F.E.S. Cuautitlán, U.N.A.M.(s.f.), el objetivo general de LEM V es: (El estudiante) Fundamentará el comportamiento de diferentes operaciones unitarias que involucren la transferencia de masa utilizadas para el procesamiento de alimentos, estudiándolas en forma experimental a través del planteamiento, desarrollo y análisis de resultados de proyectos de investigación que integrando los conocimientos adquiridos en las asignaturas cursadas con anterioridad, le proporcionen al alumnos los criterios que le

permitan cubrir los siguientes objetivos particulares. 1) Comprender el fenómeno de transferencia de masa en estudio (Ej. secado, extracción sólido-líquido, deshidratación osmótica, rehidratación, freído, remojo). 2) Evaluar el efecto de las variables involucradas y de su manipulación. 3) Obtener modelos de predicción del comportamiento del fenómeno en estudio. 4) Llevar a cabo la selección, escalamiento ó diseño de una planta procesadora de un producto y los servicios e instrumentos requeridos. 5) Obtener un producto que satisfaga las necesidades del mercado en cuanto a su valor nutritivo, a parámetros de calidad establecidos, a su carácter innovador y a su costo. Debido al confinamiento para disminuir los contagios originado por la pandemia de COVID-19, a partir de marzo de 2020, no ha sido posible acudir a las instalaciones de la Nave 2000 a realizar la experimentación correspondiente a los LEM's. Por ello se tuvo la necesidad de adaptar en la modalidad a distancia, la experimentación que se realiza por los estudiantes en la modalidad presencial, cubriendo los objetivos de aprendizaje de esta asignatura y manteniendo la calidad de la enseñanza.

## Objetivos

El objetivo de este trabajo es presentar las adecuaciones realizadas en el grupo 2802, semestre 2021-2, a la metodología de trabajo presencial del L.E.M. V para cursar esta asignatura a distancia, así como los avances académicos de los estudiantes bajo esta modalidad, para mostrar su pertinencia en la enseñanza de asignaturas experimentales a nivel licenciatura.

## Metodología

Se trabajó en forma sincrónica y asincrónica. Se emplearon las plataformas Zoom para las sesiones a distancia, Google Classroom para el seguimiento del curso, entrega de materiales y recepción de trabajos así como la aplicación Whatsapp para resolver dudas menores o enviar mensajes que debían ser leídos en el corto plazo. Todos los estudiantes tenían acceso a una computadora personal, laptop o teléfono celular para conectarse a distancia en equipo y en el grupo, así como para la elaboración de cálculos y redacción de trabajos.

En la primera sesión, se dividió a los estudiantes del grupo, en 4 equipos. quienes trabajaron cada uno desde su hogar, el cual se ubicaba en la mayoría de los casos en

algún municipio del Estado de México cercano a la Facultad, pero en algunos casos, se encontraba en otro estado del país. La elección de los miembros del equipo fue libre para los estudiantes, excepto para quienes se inscribieron en el período de altas y bajas, posterior al inicio del curso, y para aquellos inscritos a través de la Coordinación de Carrera. Dichos estudiantes fueron asignados a los equipos que no habían alcanzado el límite de 5 integrantes. En total fueron 19 estudiantes, quienes realizaron distintos proyectos sobre operaciones de transferencia de masa en alimentos, en el siguiente orden: Fenómeno de Ósmosis, Secado, Rehidratación, Deshidratación Osmótica y Lixiviación. El curso se organizó por Etapas: 1) Etapa de Información: Al igual que en la modalidad presencial, se realizó al principio una discusión general sobre la transferencia de masa, ecuaciones, equipos y aplicaciones en alimentos. En la modalidad presencial cada equipo de alumnos investiga sobre una operación de transferencia de masa y realiza una exposición frente al grupo. En la modalidad a distancia se consideró más conveniente proporcionar a los estudiantes cuestionarios de trabajo sobre las distintas operaciones antes de que plantearan cada proyecto. Para resolver estos cuestionarios, así como para el desarrollo de sus proyectos, los estudiantes tuvieron la opción de emplear la información en línea disponible a través del acceso remoto de la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM, así como la información de internet en general y el material bibliográfico proporcionado por las profesoras. 2) Etapa de Planeación: Una vez discutida la guía correspondiente, para los tres primeros proyectos se dieron asesorías mediante entrevistas a cada equipo de estudiantes para establecer el objetivo de estudio y realizar el planteamiento del proyecto en cuestión, tanto como se llevaría a cabo la experimentación como el análisis que se realizaría a los resultados obtenidos. Esta etapa se realiza también en el curso en su modalidad presencial. 3) Etapa Experimental: Para cada proyecto, todos los equipos presentaron su plan de trabajo al resto del grupo, realizaron la experimentación correspondiente, presentaron un video sobre su desarrollo experimental. 4) Etapa de Presentación de Resultados: Los estudiantes, por equipo, discutieron con fundamento en la literatura, sus resultados y conclusiones durante un seminario, así como en la exposición de un cartel ante el resto del grupo. Se entregaron a manera de ejemplo dos carteles expuestos en congresos del área, para que los estudiantes incluyeran en sus carteles como mínimo, los rubros indicados en dichos carteles. A través de los carteles presentados, se buscó desarrollar en los estudiantes sus capacidades de síntesis, redacción, establecimiento de prioridades y selección de información, entre otras.

En la modalidad presencial se pide en lugar del cartel, un reporte final del proyecto estudiado, el resto de las actividades es igual en las Etapas Experimental y de Presentación de Resultados. En general en la modalidad presencial se trabaja con uno o dos proyectos, pues al tener instrumentos con mayor precisión, y disponer de mayor cantidad de material y equipo, es posible realizar un número mayor de experimentos, estudiar más variables y niveles de variación, hacer más repeticiones y realizar análisis de resultados y estadísticos más completos. Se aplicó un examen final de conocimientos sobre los temas estudiados, al igual que en la modalidad presencial. El último proyecto (Lixiviación) se realizó sin asesoría de las profesoras, y fue realizado con los alumnos de cada equipo que quisieron participar.

Se realizó un examen final de conocimientos sobre los temas estudiados, en línea, empleando Formularios de Google.

En los diferentes proyectos se emplearon instrumentos como termómetros bimetalicos, balanzas de cocina, estuches escolares de geometría, flexómetros, vernier, papel milimétrico, envases plásticos, material de vidrio. ollas de aluminio, utensilios de cocina comunes, teléfonos celulares con aplicaciones para medir color (Color Picker, RGB y otras), Sólo un equipo tuvo a su disposición un colorímetro y un refractómetro manuales, se emplearon hornos eléctricos, hornos de microondas y estufas de gas, así como licuadoras y refrigeradores domésticos. Las materias primas empleadas en general fueron frutas (manzana, piña en almíbar, calabaza de castilla, naranja, fresa, melón, pera), hortalizas (chícharo, zanahoria, chayote, nopal, betabel, jitomate, cilantro), semillas (chía, quinoa) huevo y pasta de trigo. Se utilizó agua purificada y etanol comercial, jugo de naranja/zanahoria, sacarosa, NaCl. Las condiciones de temperatura y humedad del aire ambiente se obtuvieron a partir de datos meteorológicos publicados en internet y algunas propiedades térmicas ( $C_p$ ,  $k$ ) se calcularon mediante tablas de composición de alimentos y la utilización de ecuaciones de Choi y Okos. Las humedades de equilibrio en secado se obtuvieron de la literatura.



**Figura 1.** Ejemplos de instrumentos, utensilios y equipos utilizados en la experimentación.

Se realizaron 19 proyectos en total. Los primeros proyectos fueron sobre el fenómeno de ósmosis y se plantearon como proyectos en cualquier campo de aplicación, donde se pusiera de manifiesto dicho fenómeno, la idea con estos proyectos fue que los estudiantes tuvieran una primera aproximación a la experimentación científica en casa, compartieran experiencias entre sus compañeros de equipo y ajustaran la forma de organizar su trabajo.

Para los proyectos sobre Secado, Rehidratación, Deshidratación Osmótica y Lixiviación, se pidió que fueran orientados al área de alimentos.

El último proyecto, Lixiviación, se planteó como un reto, que debían desarrollar los integrantes de cada equipo que quisieran participar y sería elaborado por los estudiantes sin asesoría por parte de las profesoras.

## Resultados y discusión

Los cuestionarios de todos los temas fueron en general bien resueltos por todos los equipos, y se presentaron pocas dudas en la mayoría de los temas, lo que indica que las bases teóricas de este grupo sobre operaciones de transferencia de masa en alimentos eran buenas.

En el examen final hubo dos estudiantes que alcanzaron calificación de 9, todos aprobaron.

Para dar solución a los problemas experimentales propuestos, se utilizaron ecuaciones típicas de transferencia de masa y su resolución en forma gráfica (Ley de Fick, modelos de Crank, Arrhenius, Page, Henderson-Pabis, Azuara y otros) para obtener según el tema en estudio, valores de coeficientes de difusión, energía de activación, constantes cinéticas, ganancia de sólidos, pérdida de humedad. A través de balances de materia y energía se obtuvieron rendimientos de diferentes procesos. Se determinaron cambios en propiedades físicas (peso, humedad, contenido de aceite, tamaño) durante los procesos y organolépticas (color, textura) al inicio y al final del proceso y se relacionaron los cambios en los productos con las condiciones de proceso. Se armaron y utilizaron secadores solares a partir de materiales como cartón, madera y plástico.

El equipo A, desarrolló buenos proyectos, todos relacionados con el procesamiento de alimentos, con buena fundamentación en la discusión de resultados, sin embargo, todos los integrantes se abstuvieron de participar en el último proyecto, suponemos que en lo individual eran buenos estudiantes, pero no se acoplaron a trabajar en equipo a distancia.

El equipo B presentó en su primer proyecto un trabajo muy simple, pocas referencias bibliográficas y poca discusión sobre sus resultados. Uno de los integrantes, que había sido asignado a este equipo por haberse inscrito después de la formación de equipos, solicitó su cambio a otro equipo, en el cual fue aceptado, al sentir que sus aportaciones al proyecto no habían sido consideradas. Este equipo fue mejorando en la presentación de sus resultados en los tres proyectos siguientes, sobre todo en la fundamentación de sus discusiones, aunque se observó que su motivación era únicamente acreditar la asignatura, por lo que se conformaba con cumplir al mínimo con las actividades. Sólo uno de sus integrantes quiso participar en el último proyecto.

El equipo C siempre fue muy entusiasta en la realización de todos sus proyectos, y presentó buenos resultados en todos ellos, así como discusiones bien fundamentadas sobre los resultados obtenidos, tuvo acceso a un colorímetro y un refractómetro manuales, aunque el último proyecto lo llevaron a cabo sólo dos de los integrantes, quienes siempre manifestaron su interés por profundizar en sus conocimientos.

El equipo D presentó proyectos interesantes, todos relacionados con alimentos, con discusión bien fundamentada de sus resultados en todos los casos. En general realizaron un buen trabajo de equipo. En el último proyecto participaron 4 de los 5 integrantes, lo que sugiere que este equipo estaba bien adaptado al trabajo grupal.

## Conclusiones

Es posible adaptar la experimentación realizada en el hogar, para el aprendizaje de operaciones de transferencia de masa a nivel licenciatura.

La metodología empleada en la enseñanza a distancia permitió cumplir con los objetivos del LEM V Alimentos, manteniendo la calidad de la enseñanza que se adquiere en la modalidad presencial.

El avance académico de los estudiantes que utilizaron esta metodología a distancia depende de diversos factores, tales como su actitud ante el hecho de no poder acudir al laboratorio, el interés por desarrollar los proyectos y el aprovechamiento de los materiales e instrumentos con los que contaban.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNAM-DGAPA por el financiamiento del proyecto PAPIME PE213020 y a la FESC-UNAM por el financiamiento del proyecto PIAPI 2057.



## Referencias

F.E.S. Cuautitlán U.N.A.M. (s.f.) Plan de Estudios Ingeniería en Alimentos. LEM V. Disponible en: [https://www.cuautitlan.unam.mx/licenciaturas/ing\\_alimentos/descargas/1847\\_lab\\_exp\\_multidisciplinario\\_V.pdf](https://www.cuautitlan.unam.mx/licenciaturas/ing_alimentos/descargas/1847_lab_exp_multidisciplinario_V.pdf)

# CONTROL DE TRES DISOLUCIONES AMORTIGUADORAS A FUERZA IÓNICA ELEVADA ( $I=0.72$ mol/L) MEDIANTE SEGUIMIENTO POTENCIOMÉTRICO



*Martínez Pérez Ricardo Galdino<sup>1</sup>, Arturo de Jesús García Mendoza<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, [ricard.mtz.p@gmail.com](mailto:ricard.mtz.p@gmail.com)

<sup>2</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, [arturogm@unam.mx](mailto:arturogm@unam.mx)



## Resumen

En este trabajo se llevó a cabo el estudio potenciométrico, usando un electrodo combinado de vidrio comercial, de tres disoluciones amortiguadoras del pH para evaluar el efecto de la salinidad, medida en términos de fuerza iónica impuesta primordialmente por la presencia de  $\text{KNO}_3$ . Las curvas de valoración por titulación volumétrica fueron analizadas mediante un método sin aproximaciones que emplea un ajuste polinomial de tipo no lineal y sin segmentación, generado a partir del balance de electroneutralidad particular de cada uno de los ensayos. De estos ajustes se obtuvo el control las concentraciones de las especies ácido – base que conforman cada disolución amortiguadora, el valor del log, el valor del  $\text{p}K_w$  y el pH exacto de éstas bajo las condiciones de alta salinidad.

**Palabras clave:** Química Analítica, electroquímica, potenciometría, fuerza iónica, agua de mar,  $\text{CO}_2$ .

## Antecedentes

Actualmente, la determinación del pH en disoluciones acuosas representa una tarea importante en las prácticas de laboratorio, siendo el electrodo combinado de vidrio comúnmente utilizado para este propósito en campos tan diversos como el científico, industrial, agrícola, ambiental, clínico, entre otros. La calidad del resultado asociado a la determinación de los niveles de acidez es dependiente de las condiciones en las que se obtenga la propiedad eléctrica medida como lo son la combinación de un proceso de calibrado adecuado, un control estricto de las disoluciones buffer utilizadas, un correcto montaje experimental durante el calibrado, el empleo de un modelo matemático robusto para la determinación de los niveles de acidez en disolución y la propagación de la incertidumbre asociada a la medida mediante simplificaciones razonablemente justificadas. Todo esto producirá un resultado con credibilidad y de mayor exactitud. Además, algunos autores recomiendan considerar el efecto de la matriz durante el proceso de calibrado. El efecto matriz, particularmente el impuesto por la fuerza iónica es primordial para la determinación correcta de los niveles de acidez en cuerpos marinos ya que una medida certera de esta propiedad permite emitir opiniones vinculantes, tomar acciones correctivas y emitir alertas ante una situación ambiental emergente, como lo es la acidificación de los cuerpos oceánicos. Un cambio gradual en la composición química de un cuerpo marino conlleva a un riesgo inminente de ocasionar afectaciones que originen biológico, meteorológico y económico, causando grandes pérdidas naturales y antropogénicas. He ahí el porqué de desarrollar protocolos de calibrado que consideren el efecto de la elevada salinidad del medio marino para su correcto monitoreo. En este trabajo se propone una metodología para controlar una triada de disoluciones amortiguadoras usando un ajuste no lineal a partir de un polinomio sin segmentación construido a partir del balance de electroneutralidad que se establece en cada ensayo una vez que la operación analítica ha comenzado. Las valoraciones por titulaciones volumétricas se llevaron a cabo por quintuplicado en las disoluciones amortiguadoras de interés.

## Objetivo(s)

Preparar y controlar tres disoluciones amortiguadoras del pH a una fuerza iónica elevada, mediante valoraciones por titulación volumétrica con monitoreo potenciométri-

co, empleando un modelo matemático basado en un ajuste no lineal de un polinomio sin segmentación del balance de electroneutralidad de cada operación analítica llevada a cabo. Emplear estas disoluciones para calibrar un electrodo combinado de vidrio y determinar la acidez de un cuerpo marino por potenciometría.

## Parte experimental

### Reactivos:

Para la preparación de las disoluciones se usó nitrato de potasio,  $\text{KNO}_{3(s)}$ , para imponer un valor de fuerza iónica; hidróxido de sodio,  $\text{NaOH}_{(s)}$ , para preparar algunas disoluciones amortiguadoras; acetato de sodio,  $\text{CH}_3\text{COONa}_{(s)}$ , para la elaboración de la disolución buffer de acetatos; dihidrogenofosfato de sodio monohidratado,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}_{(s)}$ , para la elaboración de la disolución buffer de fosfatos; tetraborato de sodio decahidratado,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ , para la elaboración de la disolución buffer de boratos; agua destilada,  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ , para las preparaciones de las disoluciones y el lavado del material.

Para las valoraciones por titulación volumétrica se emplearon disoluciones de  $\text{NaOH}_{(l)}$  y de  $\text{HNO}_3_{(l)}$  como patrones secundarios. Para el proceso de calibrado durante la elaboración de las curvas de valoración se emplearon las siguientes disoluciones buffer comerciales: J.T.Baker. Buffer solution (Biphthalate), pH 4 (color coded red), J.T.Baker. Buffer solution (Phosphate), pH 7 (color coded yellow), J.T.Baker. Buffer solution (Borate), pH 10 (color coded blue).

### Equipo:

Las adiciones del titulante se entregaron empleando pipetas automáticas Accumax PRO<sup>®</sup> (10-100)  $\mu\text{L}$  y Accumax PRO<sup>®</sup> (100-1000)  $\mu\text{L}$ . Se emplearon celdas de vidrio de un tamaño necesario para contener, tanto el volumen inicial de cada disolución,  $v_0$ , como un exceso del 100%. Se procuró mantener un régimen hidrodinámico constante durante el proceso experimental con ayuda de un agitador magnético y una barra de agitación de teflón. Para la toma del volumen inicial,  $v_0$ , se empleó una pipeta volumétrica de capacidad de  $5.0 \pm 0.60 \text{ mL}$  marca Pyrex<sup>®</sup>. Un electrodo combinado de vidrio Corning<sup>®</sup> con un potenciómetro Corning Scholar425<sup>®</sup> fueron empleados para recolectar los datos de potencial y transformarlos a valores de  $pH$  (Figura 1). Tabla 1. Parámetros obtenidos para la



Figura 1. a) Pipeta volumétrica 5.0 mL b) Pipeta Accumax PRO (100-1000) L, c) Pipeta Accumax PRO (10-100) L, d) Celdas de vidrio e) Electrodo Corning® empleado y su recipiente contenedor. f) Potenciómetro Scholar 425®.

## Diseño experimental

Se empleó una celda de vidrio con una capacidad suficiente para albergar el volumen de la alícuota de la disolución a analizar,  $v_0$ , y el volumen adicionado del titulante,  $v$ , durante la operación analítica de tal manera que las adiciones presenten un exceso del 100% con respecto al valor del volumen al punto final. El electrodo combinado de vidrio, previamente calibrado con las disoluciones comerciales, se colocó dentro de la celda con la disolución de interés y se procedió con las valoraciones por titulación volumétrica en un régimen hidrodinámico convectivo. Las adiciones del titulante en cuestión se llevaron a cabo con ayuda de las micropipetas automáticas, entregando 100  $\mu\text{L}$ , 50  $\mu\text{L}$  ó 20  $\mu\text{L}$  dependiendo del avance de la reacción, pasando por el volumen del punto final de la valoración y excediendo un 100% de éste para completar la curva de valoración.

## Tratamiento de datos:

Las valoraciones volumétricas se llevaron a cabo empleando como patrones secundarios una disolución de NaOH, ( $C_{\text{NaOH}} = (0.0880 \pm 4.14 \times 10^{-4}) \text{ mol L}^{-1}$ , y una disolución de HNO<sub>3</sub>, ( $C_{\text{HNO}_3} = (0.0860 \pm 1.73 \times 10^{-4}) \text{ mol L}^{-1}$ ). Dichas disoluciones se emplearon para llevar a cabo las valoraciones de las tres disoluciones amortiguadoras, tanto para

conocer de manera cuantitativa las concentraciones exactas de las especies ácidas como concentraciones de las especies básicas que componen cada una de estas disoluciones. Para el análisis de datos se dedujeron una serie de funciones particulares de cada curva teórica de valoración por titulación volumétrica, que derivaron en una serie de ajustes no lineales de los datos experimentales. Para ello, se construyeron polinomios sin segmentación a partir del balance de electroneutralidad de cada una de las operaciones analíticas. Se procuró presentar adecuadamente los parámetros operacionales usados. Se obtuvo una bondad de ajuste con grado de confianza ( $\alpha=95.0\%$ ) que permitió verificar el valor de algunos parámetros termodinámicos de interés junto con su desviación estándar.

Los polinomios para la valoración de la disolución buffer del par ácido – base AcOH/AcO<sup>-</sup> empleando NaOH y HNO<sub>3</sub> como titulantes son, respectivamente.

$$v_{fitted} = \frac{v_0 ([HO^-] - [H^+] + (C_{NaAcO} + C_{HAcO}) \times \Phi_0 - C_{NaAcO})}{([H^+] - [HO^-] + C_{base})} \quad v_{fitted} = \frac{v_0 ([HO^-] - [H^+] + (C_{NaAcO} + C_{HAcO}) \times \Phi_0 - C_{NaAcO})}{([H^+] - [HO^-] - C_{ácido})}$$

Los polinomios para la valoración de la disolución buffer del par ácido – base H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>/ HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> empleando NaOH y HNO<sub>3</sub> como titulantes son, respectivamente.

$$v_{fitted} = \frac{v_0 ([HO^-] - [H^+] - C_{H_2PO_4^-} - C_{HPO_4^{2-}} + (2\Phi_1 + \Phi_2) C_{buffer})}{([H^+] - [HO^-] + C_{base})}$$

$$v_{fitted} = \frac{v_0 ([HO^-] - [H^+] - C_{H_2PO_4^-} - C_{HPO_4^{2-}} + (2\Phi_1 + \Phi_2) C_{buffer})}{([H^+] - [HO^-] - C_{ácido})}$$

Finalmente, los polinomios para la valoración de la disolución buffer del par ácido – base H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>/[B(OH)<sub>4</sub>]<sup>-</sup> empleando NaOH y HNO<sub>3</sub> como titulantes son, respectivamente.

$$v_{fitted} = \frac{v_0 ([HO^-] - [H^+] + \Phi_0 C_{buffer} - \frac{C_{buffer}}{2})}{([H^+] - [HO^-] + C_{base})} \quad v_{fitted} = \frac{v_0 ([HO^-] - [H^+] + \Phi_0 C_{buffer} - \frac{C_{buffer}}{2})}{([H^+] - [HO^-] - C_{ácido})}$$

En estas expresiones,  $\varphi_0$  representa la fracción molar distributiva del polirreceptor de cada sistema ácido – base; mientras que  $\varphi_1$  y  $\varphi_2$  son las fracciones de las especies mono y biprotonadas respectivamente.

## Resultados y discusión

En la Figura 2 se muestran las curvas típicas de valoración potenciométrica durante el control de las disoluciones amortiguadoras a fuerza iónica elevada. Se presenta la cuantificación de la parte alcalina y ácida de la disolución buffer de AcOH/AcO<sup>-</sup>.

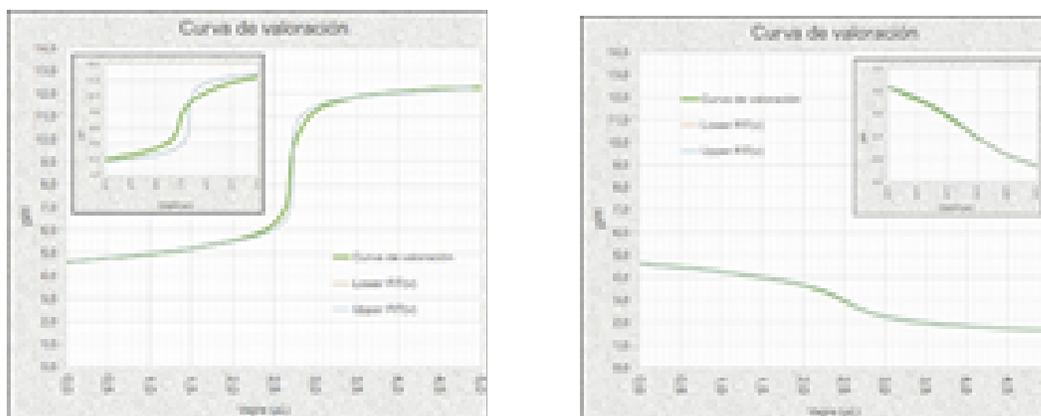


Figura 2. Titulación volumétrica del buffer de AcOH/ AcO<sup>-</sup> usando NaOH y HNO<sub>3</sub> como valorantes.

En color verde se presentan los datos experimentales y en gris, el polinomio ajustado con un valor de  $R^2 \geq 0.99$ , considerando los valores iniciales de los parámetros operacionales  $v_0$ ,  $v$ ,  $\log(\beta_n^{(B|H)})$ ,  $C_{\text{titulante}}$  y ajustando únicamente para  $C_{\text{AcOH}}$  o  $C_{\text{AcO}^-}$  de acuerdo con el caso con 65 y 85 grados de libertad respectivamente.

Los análisis se llevaron a cabo por quintuplicado para cada especie cuantificable en las disoluciones amortiguadoras.

Los valores de pH calculados con los datos experimentales contenidos en las Tablas 1-6, usando la ecuación de Henderson-Hasselbalch y los valores de  $\log(\beta_n^{(B|H)})$ , son significativamente diferentes de aquellos asignados de manera tradicional a las disoluciones buffer comerciales. En este caso, se demuestra que los buffer comerciales de pH 4, 7 y 10, no son un valor correcto.

Tabla 1. Parámetros obtenidos para la disolución amortiguadora de acetatos valorando con NaOH.

Parámetro	Valor obtenido, n=5
[HAcO]	$(0.0478 \pm 2.48 \times 10^{-4}) \text{ mol L}^{-1}$ CV%: 0.52 %
[AcO <sup>-</sup> ]	$(0.0298 \pm 1.07 \times 10^{-4}) \text{ mol L}^{-1}$ CV%: 0.36 %
log	$4.80 \pm 7.86 \times 10^{-3}$ CV%: 0.16 %
pK <sub>w</sub>	$13.91 \pm 8.20 \times 10^{-2}$ CV%: 0.59 %
pH <sub>buffer</sub>	4.59

Tabla 2. . Parámetros obtenidos para la disolución amortiguadora de acetatos valorando con HNO3.

Parámetro	Valor obtenido, n=5
[HAcO]	$(0.0424 \pm 1.12 \times 10^{-4}) \text{ mol L}^{-1}$ CV%: 0.26 %
[AcO <sup>-</sup> ]	$(0.0435 \pm 2.50 \times 10^{-4}) \text{ mol L}^{-1}$ CV%: 0.57 %
log	$4.56 \pm 3.67 \times 10^{-2}$ CV%: 0.81 %
pK <sub>w</sub>	$14.00 \pm 8.15 \times 10^{-6}$ CV%: 0.0001 %
pH <sub>buffer</sub>	4.57

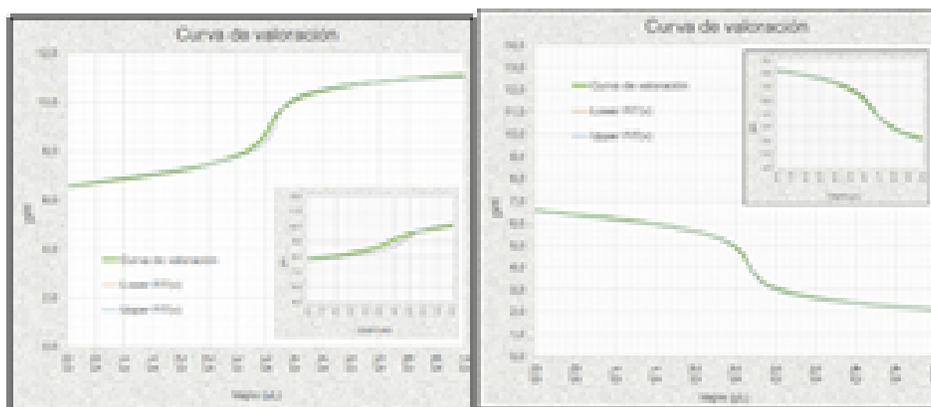


Figura 3. Titulación volumétrica del buffer de H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>/ HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup> usando NaOH y HNO<sub>3</sub> como valorantes

En las curvas de titulación volumétricas se logra observar un cambio brusco de la propiedad pH en las inmediaciones del valor del volumen del punto final de cada valoración. Dicho volumen de punto final es directamente proporcional a la concentración de la especie ácida o alcalina en cuestión, por lo que mediante el tratamiento matemático correcto se puede estimar y asegurar con un cierto valor de incertidumbre la concentración de las especies en cuestión y otros parámetros de interés, así como el valor de su desviación estándar y el CV%. Dichos valores se muestran en las Tablas 1-6.

Parámetro	Valor obtenido, n=5
$[H_2PO_4^-]$	$(0.0646 \pm 5.86 \times 10^{-4}) \text{ mol L}^{-1}$ CV%: 0.91 %
$[HPO_4^{2-}]$	$(0.0263 \pm 1.04 \times 10^{-4}) \text{ mol L}^{-1}$ CV%: 0.39 %
log	$13.83 \pm 1.36 \times 10^{-1}$ CV%: 0.98 %
log	$20.81 \pm 1.17 \times 10^{-1}$ CV%: 0.56 %
log	$21.73 \pm 6.10 \times 10^{-2}$ CV%: 0.28 %
$pK_w$	$12.81 \pm 1.42 \times 10^{-1}$ CV%: 1.11 %
$pH_{buffer}$	6.59

Tabla 3. Parámetros obtenidos para la disolución amortiguadora de fosfatos valorando con NaOH.

Parámetro	Valor obtenido, n=5
$[H_2PO_4^-]$	$(0.0315 \pm 1.88 \times 10^{-5}) \text{ mol L}^{-1}$ CV%: 0.06 %
$[HPO_4^{2-}]$	$(0.0455 \pm 2.66 \times 10^{-4}) \text{ mol L}^{-1}$ CV%: 0.58 %
log	$12.16 \pm 2.08 \times 10^{-2}$ CV%: 0.17 %
log	$18.54 \pm 1.94 \times 10^{-2}$ CV%: 0.10 %
log	$20.29 \pm 4.06 \times 10^{-2}$ CV%: 0.20 %
$pK_w$	$14.00 \pm 4.15 \times 10^{-5}$ CV%: 0.0003 %
$pH_{buffer}$	6.54

Tabla 4. Parámetros obtenidos para la disolución amortiguadora de fosfatos valorando con HNO3.

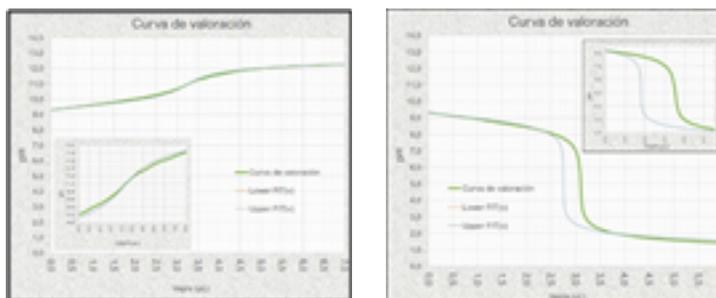


Figura 4. Titulación volumétrica del buffer H3BO3 / [B(OH)4]- usando NaOH y HNO3 como valorantes.

Parámetro	Valor obtenido, n=5
[H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> ]	(0.0660 ± 2.47x10 <sup>-4</sup> ) mol L <sup>-1</sup> CV%: 0.37 %
[[B(OH) <sub>4</sub> ] <sup>-</sup> ]	(0.0495 ± 1.92x10 <sup>-4</sup> ) mol L <sup>-1</sup> CV%: 0.39 %
log	9.31 ± 6.92x10 <sup>-5</sup> CV%: 0.001 %
pK <sub>w</sub>	13.86 ± 6.66x10 <sup>-2</sup> CV%: 0.48 %
pH <sub>buffer</sub>	9.19

Tabla 5. Parámetros obtenidos para la disolución amortiguadora de boratos valorando con NaOH.

Parámetro	Valor obtenido, n=5
[H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> ]	(0.0502 ± 4.13x10 <sup>-4</sup> ) mol L <sup>-1</sup> CV%: 0.82 %
[[B(OH) <sub>4</sub> ] <sup>-</sup> ]	(0.0465 ± 6.59x10 <sup>-4</sup> ) mol L <sup>-1</sup> CV%: 1.42 %
log	9.31 ± 3.51x10 <sup>-6</sup> CV%: 0.00004 %
pK <sub>w</sub>	14.23 ± 1.01x10 <sup>-2</sup> CV%: 0.07 %
pH <sub>buffer</sub>	9.28

Tabla 6. . Parámetros obtenidos para la disolución amortiguadora de boratos valorando con HNO3.

En todos los parámetros obtenidos para las valoraciones se observa que ningún CV% es mayor a 2%. Considerando aceptablemente precisos los resultados obtenidos para las disoluciones valoradas, siempre que cumplan con un CV% ≤ 2 %.

## Conclusiones

Es posible asignar valores de pH exactos a las disoluciones amortiguadoras de interés en condiciones de elevada fuerza iónica. Los valores de pH encontrados distan significativamente de aquellos conocidos por antonomasia, lo que indique que el control de estas disoluciones amortiguadoras es imperativo. La metodología descrita muestra ser útil para la determinación del pH en muestras marinas reales.

Con el tratamiento de datos se pueden conocer las concentraciones exactas de las especies que componen al buffer, así como el valor del  $\log(\beta_n(B|H))$  y el  $pK_w$  que se manifiestan en las condiciones de alta salinidad. Se recalca la importancia del efecto de matriz durante el proceso de calibrado de un sensor selectivo a iones.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNAM-DGAPA por el financiamiento del proyecto PAPIME PE210921.



## Referencias

Baeza, A. (2010). Química Analítica: Expresión Gráfica de las reacciones químicas. México, 7-10.

Millero, F. (2016). Chemical oceanography (Cuarta ed.). FL: CRC Press, 2-16.

# LA LITERATURA PUBLICADA EN TORNO A LAS COMPETENCIAS INFORMACIONALES Y DIGITALES DE LOS ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS: UNA MIRADA DESDE LA CIENCIA BIBLIOTECOLÓGICA



*Angélica Guevara Villanueva<sup>1\*</sup>, Angélica María Rosas Gutiérrez<sup>2</sup>, Felipe Zamora Cruz<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, [angelicaguevara@filos.unam.mx](mailto:angelicaguevara@filos.unam.mx)

<sup>2</sup>Facultad de Medicina, UNAM, [aroga@facmed.unam.mx](mailto:aroga@facmed.unam.mx)

<sup>3</sup>Instituto de Investigaciones Bibliotecológicas y de la Información, UNAM  
[cruz@iibi.unam.mx](mailto:cruz@iibi.unam.mx)



## Resumen

El presente documento surge debido a la necesidad de conocer si la pandemia, ante su irrupción abrupta, ocasionó un mayor interés por investigar las competencias informacionales y digitales en los estudiantes universitarios que transitaron de espacios y estructuras físicas a ambientes de aprendizaje virtuales con el uso de las tecnologías de información y comunicación. En este escenario, el objetivo es identificar la literatura científica internacional publicada en 2011-2021 con respecto a las competencias informacionales y digitales en los estudiantes universitarios. Para efecto de lo anterior, se tomó como fuente de información las bases de datos LISA y Web of Science para analizar los países con mayor producción, tipo de competencia más estudiada, campo y nivel de estudio, revistas que han publicado sobre las temáticas y tipo de investigación. Se deduce que la pandemia motivó una mayor producción de artículos con respecto al tema de las competencias digitales a diferencia de las informacionales.

**Palabras clave:** competencias informacionales; competencias digitales; estudiantes universitarios.

### Antecedentes

Si bien, desde décadas atrás se han publicado diversos documentos que muestran la necesidad, utilidad y la aplicación de las competencias informacionales y digitales en estudiantes universitarios, hoy día, ante el surgimiento de la COVID-19 que obligó a las instituciones de educación superior a integrar de manera urgente el uso de las tecnologías de la información y comunicación para continuar con su proceso de enseñanza-aprendizaje, resulta interesante cuestionarnos sobre el estado y desarrollo que han presentado estas temáticas. De aquí, el interés en este trabajo es dar respuesta a las siguientes interrogantes:

¿La transición abrupta de un ambiente presencial a una modalidad de enseñanza a distancia produjo un mayor interés por investigar las competencias informacionales y digitales en los estudiantes universitarios? ¿En qué países se registra la mayor producción de artículos de investigación? ¿A partir del 2011, cuál competencia de las mencionadas ha sido analizada en un mayor número de artículos? ¿Qué comunidades de estudiantes han sido las más investigadas de acuerdo con su campo de estudio o nivel de estudio? ¿Cuáles son las principales revistas en las que se publicaron los artículos sobre competencias informacionales y digitales? ¿Qué tipo de investigación teórica o aplicada se ha publicado más?

En este orden de ideas, es importante comprender que la información y la tecnología son un binomio complementario, tal como menciona Area (2010) quien añade que:

La información aparece en todas partes, entre otras razones, porque la tecnología está omnipresente en nuestra sociedad. La tecnología digital cobra sentido, significación y utilidad social porque nos proporciona experiencias valiosas con la información. Y esta, a su vez, necesita de la tecnología para poder almacenarse, organizarse, replicarse, difundirse, transformarse y ser accesible. (p.2)

De tal manera que cobra especial relevancia la formación en competencias informacionales y digitales en los estudiantes universitarios para afrontar el aprendizaje

a lo largo de su vida. Así, entendiendo que el término de competencia alude a la pericia, aptitud o idoneidad para hacer algo o intervenir en un asunto determinado (RAE, 2021) se puede afirmar con base en los conceptos proporcionados por la Comunidad Europea (2005), Hernández e Iglesias (2017) y Castro (2020) que las competencias informacionales y digitales, representan un conjunto multidimensional de conocimientos, habilidades, destrezas, procedimientos y actitudes, que cualquier persona tiene o necesita desarrollar para usar diversos recursos tecnológicos y de comunicación para recuperar, evaluar, almacenar, producir, presentar e intercambiar información con el fin de comunicarse y participar en redes colaborativas vía internet; para consultar o investigar información, que le permita localizar, acceder, procesar, valorar, validar y depurar entre todas las informaciones, cuales atienden o resuelven su necesidad de mejor manera, sin incurrir en faltas éticas y/o legales para desenvolverse personal, laboral y socialmente.

En este sentido, cabe indicar que la realización de este estudio permitirá reconocer a través de la literatura internacional publicada el interés entre los investigadores por indagar sobre los tópicos correspondientes a las competencias informacionales y digitales en diversas comunidades de estudiantes universitarios antes y durante la pandemia.

## **Objetivo**

El objetivo general de este trabajo es identificar la literatura científica internacional publicada en el periodo 2011-2021 con respecto a las competencias informacionales y digitales en los estudiantes universitarios.

## **Metodología**

Para dar respuesta a las preguntas planteadas y al objetivo se seleccionaron las bases de datos Library and Information Science Abstracts (por sus siglas en inglés LISA) y el Web of Science por ser recursos digitales de información a los que se recurre frecuentemente en análisis y evaluación de la ciencia en bibliotecología y ciencias de la información. Es importante mencionar que la elección de la primera, se debe a que es una base de datos reconocida internacionalmente en el campo de la bibliotecología y que cuenta con una amplia cobertura temporal desde 1969- a la actualidad y el Web of Science, que es una plataforma que integra diversas colecciones de cobertura

multidisciplinaria y cuya cobertura data desde 1900- a la fecha.

Asimismo, se determinaron diversos criterios de inclusión que permitieron delimitar y realizar la búsqueda de los documentos, tales como:

Tipo de búsqueda: todos los campos

Idiomas: inglés, español y portugués

Periodo: 2011 hasta el primer semestre del 2021

Tipo de documento: artículos científicos

Términos seleccionados: information competenc(truncado); digital competenc(truncado); university student(truncado) y higher education

De este modo, la cantidad de referencias que se recuperación fueron las siguientes:

Término	LISA	Web of Science
Information competenc* and University Student*	62 referencias	24 referencias
Information competenc* and Higher education	96 referencias	73 referencias
Digital competenc* and University student*	63 referencias	381 referencias
Digital competenc* and Higher education	65 referencias	93 referencias
<b>Total</b>	<b>284 artículos</b>	<b>567 artículos</b>

**Tabla 1.** Referencias recuperadas en las bases de datos

Del total obtenido en cada base se llevó a cabo la eliminación de las referencias duplicadas, así como de aquellas que no registraron en sus campos de búsqueda, el idioma o el tipo de documento. Por lo que quedaron en un primer filtro 282 referencias. Posteriormente, después de tener las referencias seleccionadas se procedió a enviarlas al programa de Microsoft Excel para una revisión sistematizada mediante el título, resumen del artículo y palabras clave con la finalidad de verificar que se cumpliera con los criterios de inclusión. Realizado lo anterior, finalmente el total de referencias fue de 191.

## Resultados y discusión

En suma, con el procedimiento anterior, los resultados fueron agrupados bajo los siguientes temas:

### 1) Producción de publicaciones científicas antes y durante la pandemia.

Con respecto a este apartado, la figura 1 permite visualizar un cambio importante a partir del año 2016 en el número de artículos publicados, pero además, observar con puntualidad que desde marzo del 2020 cuando comenzó el cierre de las universidades hasta el primer semestre del 2021 que comprende nuestro estudio, las competencias digitales e informacionales representaron un incremento del 59% y 29% respectivamente, en relación con los ocho años anteriores. En este sentido, cabe añadir que el interés por estudiar las competencias digitales, principalmente, reside en que se han convertido en uno de los pilares clave para el desarrollo de los estudiantes a nivel nacional e internacional para afrontar los retos de la sociedad del conocimiento.

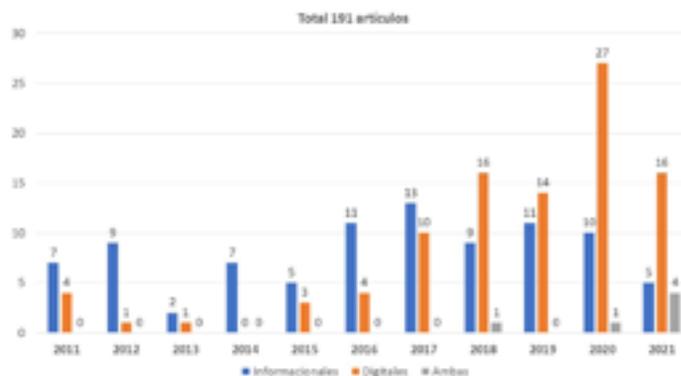


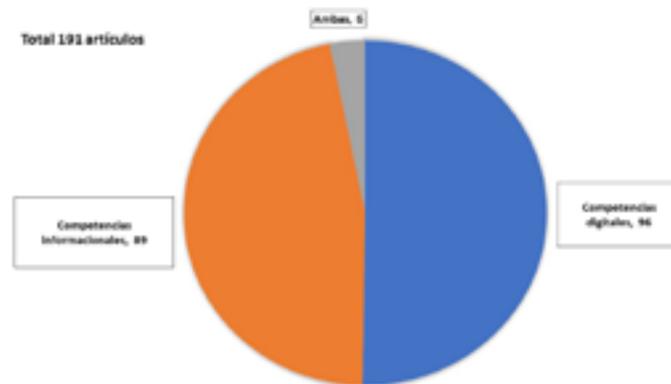
Figura 1. Distribución anual de artículos publicados sobre competencias informacionales y digitales

### 2) Producción por país.

En cuanto a los países que realizaron investigación bajo las temáticas de competencias informacionales y digitales se puede observar en la siguiente figura que España es la que encabeza esta lista con 54 documentos publicados, seguido de Estados Unidos con 51 y Reino Unido con 32 artículos. En menor cantidad se localizan los países de Suiza (9), Brasil (8) y México (5). Asimismo, con menos de 5 artículos se ubica-



desarrollar un conjunto de habilidades y actitudes interrelacionadas entre sí que cubran aspectos técnicos, informacionales, creación de contenidos, mediáticos, comunicativos para dar solución a los problemas, así como la toma de decisiones estratégicas y éticas en la llamada tercera revolución industrial (Díaz y Loyola, 2021).



**Figura 3. Tipo de competencia abordada en los artículos científicos**

#### **4) Revistas que publican la mayor producción de artículos de investigación en competencias digitales e informacionales.**

Dentro de esta sección se encontró que 112 revistas abordaron la temática de competencias digitales e informacionales. Entre las revistas que publicaron una cantidad mayor de artículos se localiza a la revista *Library Philosophy and Practice* con 11 artículos; el *Portal: Libraries and the Academy* con 10 artículos y *El Profesional de la Información* con 7 artículos. En menor proporción se ubican las revistas *International Journal of Digital Literacy and Digital Competence* y la revista *Reference Services Review* con 6 y 5 artículos respectivamente. Pero, si bien, la revista *Library Philosophy and Practice* aparece en el primer sitio, esto posiblemente se deba a que es una publicación electrónica arbitrada que aparece indizada en Scopus lo que puede influir en los autores para que publiquen en ella pues les dará visibilidad y prestigio internacional ya que esta fuente proporciona métricas de citación que auxilian a los investigadores para valorar su impacto en la comunidad de interés. Es de resaltar que, en el caso de las editoriales relacionadas con estas revistas, 115 fueron identificadas como editoriales comerciales y 76 como académicas, siendo éstas últimas en su mayoría de universidades o instituciones de educación superior.

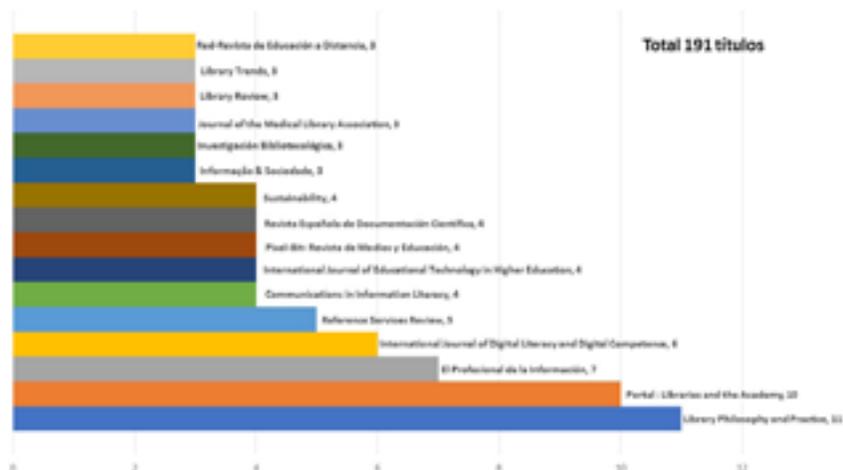


Figura 4. Títulos de revistas que publicaron artículos sobre competencias informacionales y/o digitales

### 5) Tipos de investigación, comunidades y niveles de estudio en los artículos publicados.

Adicionalmente a los resultados anteriores es de destacar que los artículos que se han realizado con respecto a estas temáticas se caracterizan en su mayoría por ser estudios aplicados en donde se ha seguido una metodología para recabar los resultados. De ahí que, 141 referencias se refieran a esta temática y 50 a estudios que se identifican por ser de tipo teórico.

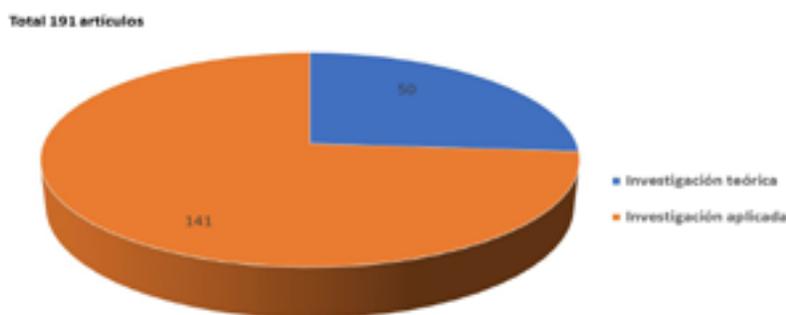


Figura 5. Tipos de investigaciones en los artículos científicos sobre competencias informacionales y digitales

De los 141 artículos mencionados, se identificó que las investigaciones se han enfocado mayoritariamente en los estudiantes universitarios relacionados con profesiones so-

bre educación (50 artículos) y las ciencias sociales (13 artículos). Sin embargo, otras comunidades de estudiantes presentes en las investigaciones publicadas con más de cinco artículos son del área de la bibliotecología y ciencias de la información, ciencias de la salud, economía, pedagogía, administración y artes. En la figura 6, es posible diferenciar de forma más específica el interés de las investigaciones, la distribución de artículos, la comunidad de estudio y el tipo de competencia.



Figura 6. Artículos que hacen referencia a las comunidades donde se aplicó la investigación



Figura 7. Niveles de estudios de la población donde se aplicó la investigación

De estas investigaciones aplicadas como se observa en la gráfica 7, el 59% fueron estudios que incluyeron poblaciones con licenciatura (79 artículos). Sobre los estudiantes de nivel licenciatura, se identificó que el 56% de los trabajos se enfocaron a las competencias digitales, mientras que el 41% se interesó en las competencias informacionales y tan sólo un 3% trató ambas competencias.

## Conclusiones

Mediante este estudio fue posible confirmar los aspectos objeto de estudio, sin embargo, debe mencionarse que este trabajo puede tener un sesgo, ya que sólo se utilizaron dos términos de búsqueda (competencias informacionales y competencias digitales) en dos bases de datos, por lo que consideramos que los resultados pueden ser un referente como base para investigaciones a futuro. De aquí que se desprendan las siguientes conclusiones:

- La transición abrupta de un ambiente presencial a una modalidad de enseñanza a distancia como resultado de la pandemia a partir del 2020, permite deducir que la cantidad de publicaciones sobre la temática competencias informacionales y digitales aumentó en un cincuenta por ciento en comparación a años anteriores.
- A partir del 2011, la competencia digital fue la que estuvo presente en un mayor número de artículos, sin embargo, cabe resaltar que en 2020 se publicaron pocos artículos que evidencian el interés por abordar las dos competencias.
- La literatura reflejó que las comunidades en donde se ha llevado a cabo la investigación sobre competencias informacionales y digitales pertenecen a diferentes niveles (licenciatura y posgrado), donde resaltaron las licenciaturas en educación y ciencias sociales.
- Se identificó que la revista especializada *Library Philosophy and Practice* que publica en el campo de la bibliotecología y áreas afines fue donde los autores prefirieron dar a conocer sus trabajos académicos.
- El tipo de investigación aplicada fue la que tuvo un mayor número de artículos en los trabajos presentados sobre las competencias informacionales y digitales a diferencia de la investigación teórica.



## Referencias

Area, M. M. (2010). ¿Por qué formar en competencias informacionales y digitales en la educación superior? *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento*, 7(2), 1-4.

Castro, C. F. R., Borges, J. (2020). Del acceso a la Internet a las competencias infocomunicacionales, un comparativo de resultados estadísticos para el periodo 2015 a 2017 entre Brasil, Colombia y España. *E-Ciencias de la Información*, 10(1), 1-18. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/eciencias/article/view/39884/40507>

Díaz, A. D., Loyola, I. E. (2021). Competencias digitales en el contexto COVID 19: una mirada desde la educación. *Revista Innova Educación*, 3(1), 120-150.

*Propuesta de recomendaciones del Parlamento Europeo y del Consejo sobre las competencias clave para el aprendizaje permanente: presentada por la comisión* (2005). Bruselas: Comisión de las Comunidades Europeas, 22. [https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004\\_2009/documents/com/com\\_com\(2005\)0548\\_/com\\_com\(2005\)0548\\_es.pdf](https://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2004_2009/documents/com/com_com(2005)0548_/com_com(2005)0548_es.pdf)

Hernández, M. A., Iglesias, R. A. (2017). La importancia de las competencias digitales e informacionales para el desarrollo de una escuela intercultural. *Interações*, 43(13), 205-232.

*Diccionario de la lengua española: edición del tricentenario* (2020). Real Academia Española. <https://dle.rae.es>

# Hipocondría digital



*M. en C.E.F. Verónica Vilchis Esquivel<sup>1\*</sup>, D. en F. Patricia Vilchis Esquivel<sup>2</sup>, L.L.I. Ramiro Eduardo Muñoz Ferreyro<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Plantel Ignacio Ramírez Calzada de la Escuela Preparatoria de la UAEMex, [vvilchise@uaemex.mx](mailto:vvilchise@uaemex.mx)

<sup>2</sup>Facultad de Arquitectura y Diseño de la UAEMex, [pvilchise@uaemex.mx](mailto:pvilchise@uaemex.mx)

<sup>3</sup>Facultad de Derecho de la UAEMex, [remunozf001@profesor.uaemex.mx](mailto:remunozf001@profesor.uaemex.mx)



## Resumen

Desde la llegada del virus SARSCov2 a finales del año 2019, cualquier persona en el mundo con un dispositivo electrónico como un teléfono, tableta o computadora ha tenido fácil acceso a casi cualquier cosa que su mente quiera saber y consultar a cualquier hora con solo una conexión a internet. No obstante, existen algunas prácticas que se consideran peligrosas al momento de buscar información de esta manera. Se consideran así porque pueden en determinado momento dejar secuelas no sólo físicas sino mentales. Tal es el caso de la hipocondría digital que se ha vuelto una práctica muy común para las personas que no desean asistir al médico ya sea por causas religiosas o económicas y buscan aliviar sus males a través de la sabiduría de la red. Lo que es poco reflexivo es la peligrosidad que desencadena esta práctica que con el tiempo puede volverse un hábito y afectar la salud mental al generar ansiedad por el futuro, alterando los ciclos de sueño y por ende la vitalidad para seguir el día a día.

**Palabras Clave:** Cibercondría, Autodiagnóstico, Riesgos

## Introducción

La frase célebre de Albert Einstein “Temo el día en el que la tecnología sobrepase nuestra humanidad. El mundo sólo tendrá una generación de idiotas.” seguramente tiene algo de verdad y es que con el paso del tiempo la propia tecnología hará que cada día la integremos a nuestro estilo de vida y como ejemplo basta decir que hoy en día seguimos reuniéndonos a través de las plataformas y las videollamadas; otro ejemplo no menos importante son los famosos “*wearables*” que no son más que accesorios con tecnología que nos invitan a tener una vida más cómoda. Lo grave no es eso, lo grave comienza cuando nos volvemos adictos tanto a la tecnología como al internet, de tal forma que nuestra conducta se modifica de manera paulatina e incluso a un ritmo vertiginoso. Así que la pregunta obligada sería ¿cuánta tecnología es suficiente?

## Contenido

En el mundo digitalizado en el que vivimos, internet rige nuestras vidas. Se señala que uno de los principales problemas que presenta la red es la saturación de información, y al mismo tiempo su falta de fiabilidad, por lo que cualquier persona puede redactar todo tipo de contenidos sin los conocimientos mínimos necesarios sobre la materia. Se apunta al sector salud como uno de los más perjudicados por este fenómeno, siendo los usuarios y pacientes sus principales afectados. Las personas que presentan algún síntoma relacionado con una enfermedad no dudan en consultar en los principales buscadores causas y consecuencias de sus dolencias.

Como esta práctica se hace cada vez más común, se acuñó un término para describirla: **Cibercondría** creada por dos investigadores de *Microsoft Research*: *Ryan White* y *Eric Horvitz*. La Fundación *Funden* la define como “*la preocupación obsesiva por la salud que lleva a consultar por internet continuamente para confirmar enfermedades que se creen padecer, por lo general graves, o en busca de síntomas, efectos o posibles tratamientos.*” Otra definición, muy similar, se encuentra en otro sitio de internet llamado *Psicología y mente*, ahí la definen como un *desorden mental por el que la persona cree de manera infundada que tiene una o más enfermedades basándose en evidencias muy débiles, ambiguas o totalmente imaginarias*. Indica además que los seres humanos tenemos la capacidad de sentirnos identificados con descripciones ambiguas y bastante generales, conocido como el *Efecto Forer*.

Aunque se reconoce que el hábito de buscar información a través de la red y no de especialistas en el mundo real, no está prohibida; pero si se debe tomar en consideración el dónde y el cómo, debido a que no todas las páginas existentes son fiables y muchas de ellas no han sido avaladas por el sector salud. Además, el número de visitantes no es necesariamente un factor de fiabilidad, porque como se sabe muchos buscadores muestran la información con base en el número de consultas que se hayan tenido.

La sociedad en la que vivimos y el uso de las nuevas tecnologías nos permiten vivir el mundo de una manera más holística. Hoy en día dentro de la red existen muchas aplicaciones gratuitas que permiten a los usuarios en cierto momento auto diagnosticarse, ya sea para algo físico o mental. Sólo basta con adentrarse en el mundo del internet para encontrar una serie de tests sobre desórdenes alimenticios, mentales, de personalidad, toma de la tensión arterial y hasta escuchar los latidos del bebé en el vientre materno. El problema no radica en el uso, pero si en el abuso porque pueden conducir a problemas reales de salud como patologías de cervix, el cada vez más común estrés, problemas de la vista, insomnio, sordera, entre otros tantos.

Este tipo de conductas fácilmente pueden volverse una adicción; y nuestro cerebro es especialista en identificar qué tipo de actividades liberan sustancias que nos hacen sentir placer, lo que conocemos como neurotransmisores, y con base en esas necesidades guiará nuestra conducta para satisfacerlas. Aunque de un inicio se piense que las adicciones son solamente para sustancias químicas, como el tabaco, el alcohol o la heroína, no es así. En un estudio realizado con animales en 2010 por investigadores del Scripps Research Institute de California (Guerrero, V. 2017) sugiere que los mecanismos cerebrales que participan en la adicción a las drogas aparecen en la compulsión de comer y el consecuente desarrollo de la obesidad. En ambos casos el exceso puede provocar una descompensación en el circuito de recompensa; además señala que los comedores compulsivos son incitados por alimentos ricos en grasas. Esta similitud hace pensar que muchas de las compulsiones, o conductas adictivas humanas (por ejemplo, adicción al sexo y a los juegos de azar) podrían tener relación con desequilibrios de dopamina o de otros neurotransmisores. Así, aunque en principio estas conductas no sean adictivas pueden llegar a serlo.

## Objetivo

El objetivo de este trabajo es conocer si la población de entre 20 y 50 años que busca información en internet sobre temas de salud que le ayude a complementar o sustituir las visitas al médico mediante un cuestionario con escalas de Likert para alertar sobre los riesgos de dicha actividad.

## Metodología

La metodología en la que se basó este proyecto fue con un enfoque cuantitativo, ya que la idea era medir con qué frecuencia se llevaba a cabo la práctica de consultar en internet para obtener un diagnóstico médico y en todo caso alguna solución.

La muestra se consideró desde un inició para personas de entre los 20 y los 50 años, y que fueran alumnos y/o profesionistas, porque creímos que eran aquellas que estaban más en contacto tanto con la tecnología como con el mundo de la Internet, además de que no lidiarían mucho al contestar el cuestionario porque lo que se haría era distribuirlo a través de un enlace en la aplicación de WhatsApp, toda vez que lo que se buscó en todo momento fue la participación voluntaria y sincera de cada persona interesada.

Para la realización de este proyecto, se elaboró un cuestionario en la aplicación Forms de Microsoft Office 365 con 5 categorías que permitieran a los investigadores recabar áreas como el **conocimiento, uso y frecuencia, temas y acción final**. Cada categoría tuvo entre 4 y 5 reactivos y cada reactivo utilizó una escala con 5 opciones que fueron desde el totalmente en desacuerdo hasta el totalmente de acuerdo, con la finalidad de evitar respuestas ambiguas. (ver Anexo).

## Análisis de resultados

El cuestionario estuvo activo durante dos semanas y se lograron 32 respuestas. Participaron 24 mujeres y 8 hombres. Lo que indica que es el género femenino el que mayor interés tuvo en el tema.

### 1. Género

[Más detalles](#)

<span style="color: blue;">●</span> Femenino	24
<span style="color: orange;">●</span> Masculino	8



La edad osciló entre los 30 y los 50, siendo el último rango en el que más personas estuvieron.

### 2. Edad

[Más detalles](#)

<span style="color: blue;">●</span> 20 - 30	1
<span style="color: orange;">●</span> 31 - 40	8
<span style="color: green;">●</span> 40 - 50	23

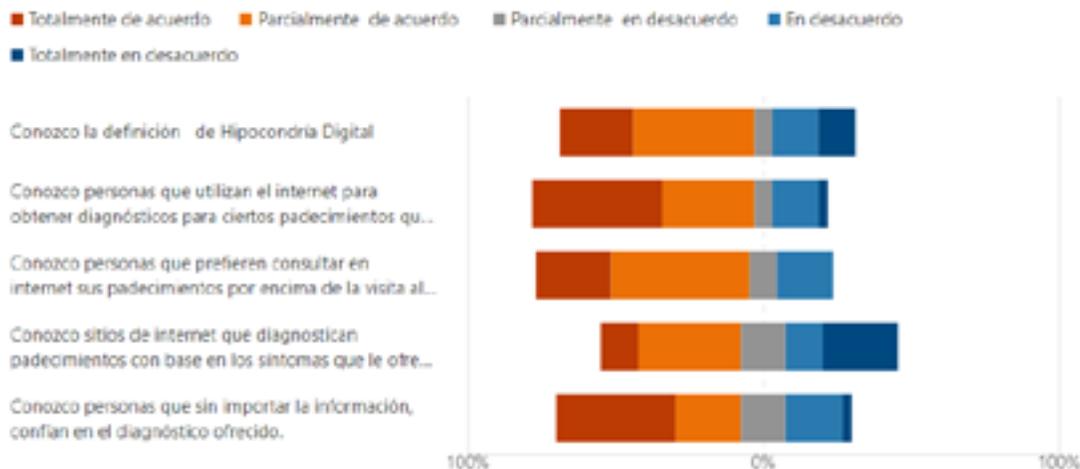


A continuación, se muestran los resultados por categoría.

Para la primera categoría denominada CONOCIMIENTO, se contemplaron 5 reactivos relacionados con el conocimiento de lo que es la hipocondría digital y las personas conocidas asiduas a esta práctica.

### 3. CONOCIMIENTO

[Más detalles](#)



En esta gráfica podemos observar que el 46% dijo estar parcialmente de acuerdo en que tienen conocimiento sobre lo qué es la hipocondría digital y además el 43.8% señaló conocer a personas que son usuarios de esta práctica. Lo interesante de esta gráfica radica en que el 40.6% de sus conocidos creen en los diagnósticos ofrecidos sin importar la confiabilidad de los sitios consultados.

La segunda categoría se nombró USO Y FRECUENCIA y se contemplaron 4 reactivos que nos arrojan resultados sobre qué tan atraídos se sienten los participantes hacia esta práctica, quiénes consideran que son los blancos perfectos con base en la edad para llevarla a cabo y si pudiera de alguna manera reducir o sustituir las visitas al médico.

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes.

#### 4. USO Y FRECUENCIA

[Más detalles](#)

■ Totalmente de acuerdo   
 ■ Parcialmente de acuerdo   
 ■ Parcialmente en desacuerdo   
 ■ En desacuerdo   
 ■ Totalmente en desacuerdo



Para esta categoría el 43.8% está parcialmente de acuerdo en que se siente atraído por este tipo de conducta, mientras que 15.6% está en total acuerdo; sólo el 6.3% dijo no sentirse atraído en lo más mínimo.

El 18.8 % están parcialmente de acuerdo que esta práctica reemplazará en un futuro las visitas al médico, el 37.5% esta parcialmente en desacuerdo y el nada despreciable 25% en total desacuerdo.

El 46.9 % está totalmente en desacuerdo en que esta práctica se lleve a cabo dos veces a la semana y el 37.5% parcialmente en desacuerdo.

La tercera y penúltima categoría de nombre TEMAS tuvo 5 reactivos que abarcan los temas mayormente consultados en internet cuando se busca un diagnóstico a los padecimientos. Los resultados enseguida.

## 5. TEMAS

[Más detalles](#)



En esta gráfica se encontró que el 28.1% de los participantes se encuentra parcialmente de acuerdo en que son las enfermedades terminales las más socorridas en este tipo de práctica, mientras que el 31.3% dice sentirse parcialmente en desacuerdo.

El 31.3% de los participantes está parcialmente de acuerdo que la medicina alternativa es campo fértil debido a los diagnósticos y soluciones que ofrece.

Por otra parte, el 43.8% esta parcialmente en desacuerdo que tanto el estrés y los trastornos de sueño se puedan resolver con información ofrecida en internet.

El 37.5% cree parcialmente que los temas sobre embarazo y aborto son los que más información proporcionan. Sólo el 4.9% de los participantes considera que la información es completamente verdadera.

Por último, la cuarta categoría cuyo nombre es ACCIÓN FINAL tiene 5 reactivos incluyen una pequeña reflexión sobre las decisiones que toma cuando tiene problemas con su salud tanto física como mental.

6. ACCIÓN FINAL

[Más detalles](#)

■ Totalmente de acuerdo   
 ■ Parcialmente de acuerdo   
 ■ Parcialmente en desacuerdo   
 ■ En desacuerdo   
 ■ Totalmente en desacuerdo



En esta gráfica se encontró que entre el 31.3 y el 34.4% de los participantes estaban parcial y totalmente en desacuerdo que esta práctica la realizaban antes de la visita al médico; solo 6.3% dijo estar en completo acuerdo. Por otra parte, el 34.4% dijo que complementaba el diagnóstico médico con la información en internet.

El 40.6% dijo estar completamente de acuerdo en que conocía el alcance y el impacto tanto a la salud física como mental sobre el uso de esta práctica. Finalmente, para la búsqueda de remedios caseros a padecimientos comunes 9.4% dijo hacerlo en su totalidad, mientras que 21.9% no lo hace.

**Conclusiones**

En el sitio de internet [www.efesalud.com](http://www.efesalud.com) se entrevistó al Dr. Piedra Castro en el que señala que: “Uno de tres pacientes que recibo en consulta se ha informado previamente en internet y no suelen acertar en el diagnóstico porque tienden a subestimar la gravedad de los síntomas que padecen”.

Para la categoría llamada CONOCIMIENTO, cerca del 50% de las personas que participaron conocen parcialmente a lo que se refiere la hipocondría digital y señalaron conocer a personas que llevan a cabo esta práctica y que confían en la información arrojada. Esto resulta riesgoso debido a que como se sabe en la búsqueda de información, los primeros datos arrojados son los mayormente consultados, pero no siempre los más confiables.

Para la segunda categoría denominada USO Y FRECUENCIA se llega a la conclusión que arriba del 40% esta práctica resulta atractiva y cerca del 20% creen parcialmente

que este tipo de acciones reemplazarán en un futuro las visitas al médico, sin embargo, más del 20% asegura que esto no ocurrirá por lo que se concluye que a pesar de lo seductor no está por encima del diagnóstico formal y presencial.

En la tercera categoría TEMAS se concluye que a pesar de que hay mucha información por consultar en la red, no existen temas específicos al respecto. Aunque cerca del 30% comulga con la idea de que las enfermedades terminales son las más consultadas aún por encima del aborto y el embarazo de los que creen hay más investigación. Menos del 5% considera que la información es completamente verdadera. Además de que no hay soluciones definitivas para ningún padecimiento o trastorno incluyendo el sueño y el famoso estrés.

Para la categoría ACCIÓN FINAL se concluye que poco más del 30% de los participantes buscan información antes de la visita al médico y que les ayuda a complementar la información y tener un panorama más amplio sobre su padecimiento o enfermedad. Más del 40% conoce el riesgo para la salud si esta práctica se convierte en un hábito. No obstante, cerca del 10% considera que este hábito se realiza para buscar remedios caseros a padecimientos comunes.

Se llega a la conclusión, de que a pesar de que es una práctica que resulta bastante atractiva para algunas personas, la mayoría de ellas no conoce a profundidad lo que es la hipocondría digital, sin embargo, reconocen que esta práctica es frecuente para obtener diagnósticos médicos y que en el futuro pudieran sustituir las visitas al médico, aunque la información no sea del todo veraz.

## Recomendaciones

A pesar de ello son muchas personas que practican esta actividad de manera regular, no obstante, al hacerlo corren riesgos que pueden poner en peligro su vida. Algunos de ellos se mencionan a continuación.

**No acudir al médico.** Este es uno de los principales y más comunes riesgos que se corren, ya que se tiene la creencia de que se encontrará la solución al problema cuando en realidad se necesita de la ayuda y del consejo de un experto. Muchas personas prefieren consultar en línea a un “especialista” que se dice llamar doctor del otro lado de la línea

**Obtener un diagnóstico equivocado.** Cuando alguna persona se siente enferma se presentan algunos síntomas generales que pudieran ser mal interpretados, ya sea exa-

gerándolos o bien minimizándolos; cualquiera que fuere el caso, pone en riesgo nuestra salud, y no sólo la física sino la mental desencadenando algunas crisis de ansiedad.

**La automedicación.** Una práctica muy común hoy en día. Se han sabido de casos en los que se consiguen por vías poco fiables medicamentos para tratar trastornos mentales.

**Los remedios caseros.** La búsqueda de información sencilla y a la mano pone al alcance de las personas una serie de remedios caseros que, de acuerdo con las experiencias de otras personas, no necesariamente expertos, han sido útiles. Lo que hay que considerar es no sólo lo riesgoso de esta práctica, sino que no hay en muchos casos fundamentos científicos que avalen su eficiencia.

**Las psicoterapias en línea.** Esta vertiente es aún más peligrosa porque sólo los profesionales certificados tienen la licencia de aplicar instrumentos que midan de manera efectiva la salud mental de las personas. Por lo tanto, las pruebas psicológicas que se encuentran en línea son sólo de entretenimiento, no obstante, pueden ser tomados seriamente y afectar la salud mental de quien los usa.

**Insomnio.** Este es un efecto colateral derivado de este hábito. Muchas veces los resultados (poco fiables) nos dejan sentimientos de inseguridad hacia el futuro y eso altera nuestro ciclo de descanso. De tal manera que, en lugar de descansar, nuestra mente se encuentra trabajando sobre lo mismo afectando la salud física y mental.

### ¿Cómo evitar esta práctica?

Existen maneras sencillas para alejarse de esta práctica antes de que se vuelva adicción, una de ellas es pedir ayuda si estás en el momento crucial de convertirlo en un hábito. Acercarse a alguna persona de confianza para explicarle la situación, si esto no fuera posible, buscar ayuda profesional ya sea en instituciones gratuitas o gubernamentales. Otra estrategia es buscar hacer otras actividades que no involucren a la tecnología y que generen sensaciones de bienestar y placer como ir al parque, armar rompecabezas, cocinar un rico postre.

Si es necesario hacer una investigación por internet, buscar el acompañamiento y así evitar caer en la adicción.

Ante cualquier eventualidad siempre acercarse a los expertos en la materia, que nos apoyen en etapas difíciles de la vida, ya sea por algunos síntomas físicos o bien, por algunos cambios en nuestro comportamiento.

## Referencias

Guerrero V. (2013). El cerebro adicto. ¿Cómo ves?, 177, 25.

Rodríguez, A. (2015) ¿Qué es el efecto forer? 8 julio 2015, Hipertextual. Sitio web: [¿Qué es el efecto Forer? \(hipertextual.com\)](http://hipertextual.com)

Torres, A. (2017). Hipocondríacos digitales: el peligro de usar Internet para auto diagnosticarse. 10 enero 2017, de Psicología y Mente. Sitio web: [Hipocondría digital: usando Internet para autodiagnosticarse \(psicologiaymente.com\)](http://psicologiaymente.com)





AÑO 5, No. 5 ENERO-DICIEMBRE 2021