



ISSN: EN TRÁMITE

# MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)

**Año 6, No. 6, septiembre 2023 - agosto 2024**

MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC), Año 6, No. 6, septiembre 2023 - agosto 2024, es una publicación anual editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Alcaldía de Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, a través de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Km. 2.5 carretera Cuautitlán - Teoloyucan, San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, C.P. 54714, Tel. 5556231992,

<https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA>, [colegiotecnicosacademicos@cuautitlan.unam.mx](mailto:colegiotecnicosacademicos@cuautitlan.unam.mx). Editor responsable: Dr. Gustavo Mercado Mancera. Certificado de Reserva de Derechos al Uso Exclusivo: 04-2023-070411455700-102, ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Dr. Gustavo Mercado Mancera. Km. 2.5 carretera Cuautitlán - Teoloyucan, San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, C.P. 54714, fecha de la última modificación, 28 de octubre de 2023.

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.



D. R. © UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Excepto donde se indique lo contrario, esta obra está bajo una licencia Creative Commons Atribución No comercial, No derivada, 4.0 Internacional (CC BY NC ND 4.0 INTERNACIONAL).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es>



## ENTIDAD EDITORA

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

Av. Universidad 3000, Universidad Nacional Autónoma de México, C.U., Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México.

## FORMA SUGERIDA DE CITAR:

Mercado-Mancera, G. (Ed.). (2023). *MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)*, Año 6, No. 6, septiembre 2023 - agosto 2024. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM.

[https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA/memorias2023/verpdf/MemoriasCONATEC2023\\_ArchivoCompleto.pdf](https://tecnicosacademicos.cuautitlan.unam.mx/CongresoTA/memorias2023/verpdf/MemoriasCONATEC2023_ArchivoCompleto.pdf)

## EDITOR

Colegio de Técnicos Académicos de la FES Cuautitlán-UNAM

### **MESA DIRECTIVA 2023-2025**

Dr. Gustavo Mercado Mancera  
Presidente  
gmercado@unam.mx

Mtro. Jesús Moisés Hernández Duarte  
Secretario  
jmhduarte@gmail.com

Dra. María Cristina Julia Pérez Reyes  
Primer Vocal  
crisp28@yahoo.com.mx

MVZ. Ernesto Fausto Ríos  
Segundo Vocal  
faustore12@yahoo.com

## **COMITÉ ORGANIZADOR**

M. en C. ALAN OLAZÁBAL FENOCHIO

DR. ÁNGEL RAYGOZA TREJO

M. en C. ANGÉLICA ESPINOZA GODÍNEZ

MVZ. ERNESTO FAUSTO RÍOS

DRA. GABRIELA SÁNCHEZ HERNÁNDEZ

M. en I. GONZALO HEDAIN LÓPEZ MERA

DR. GUSTAVO MERCADO MANCERA

M en C. HUGO CUATECONTZI FLORES

ING. JANELI SOLÍS GARFIAS

LIC. JESSICA ANNABEL PÁEZ ARANCIBIA

MTRO. JESÚS MOISÉS HERNÁNDEZ DUARTE

M. en C. JOSÉ LUIS GARZA RIVERA

M. en M. JOSEFINA MORENO LARA

M.C. y T.E. JUAN ESPINOSA RODRÍGUEZ

LIC. LILIANA GARCÍA RIVERA

M en C. MANUEL ANDRÉS GONZÁLEZ TOIMIL

MVZ. MA. REYES PICHARDO MOLINERO

DRA. MARÍA CRISTINA JULIA PÉREZ REYES

DRA. MARÍA DE LOS ANGELES CORNEJO VILLEGAS

DRA. MARTHA YOLANDA QUEZADA VIAY

MVZ. MAYREM ROSALIN GUERRERO CHÁVEZ

Q. RAYMUNDO GARDUÑO MONROY

DR. ROBERTO DÍAZ TORRES

# MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)

Año 6, No. 6, septiembre 2023 – agosto 2023

EDICIÓN DEL 6° CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA

EDITOR RESPONSABLE: Dr. Gustavo Mercado Mancera

COMPILACIÓN: COMITÉ ORGANIZADOR DEL COLEGIO DE TÉCNICOS  
ACADÉMICOS DE LA FESC-UNAM

DISEÑO Y REVISIÓN EDITORIAL: COMITÉ ORGANIZADOR DEL COLEGIO DE  
TÉCNICOS ACADÉMICOS DE LA FESC-UNAM

DISEÑO DE LA PORTADA: Juan Espinosa Rodríguez

Edición 2023.

DR. Colegio de Técnicos Académicos de la FESC-UNAM.

Dirección: Km. 2.5 carretera Cuautitlán - Teoloyucan, San Sebastián Xhala, Cuautitlán  
Izcalli, Estado de México, C. P. 54714

Hecho en México.

Las opiniones y contenidos en las ponencias que aparecen en esta obra son  
responsabilidad exclusiva de sus autores.

Se permite la reproducción parcial o total de los documentos incluidos en esta memoria  
siempre y cuando se cite la fuente y sea para fines académicos.

# MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)

Año 6, No. 6, septiembre 2023 – agosto 2024

Edición del 6° CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA  
(CONATEC 2023)



## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece al Dr. David Quintanar Guerrero, director de la FES Cuautitlán y a sus colaboradores, por su invaluable apoyo en la realización de este evento, así como a los ponentes y asistentes al congreso, cuya valiosa presencia enriqueció los contenidos y dio grandeza al CONATEC 2023.

## CONTENIDO

PRESENTACIÓN.....	1
ARTÍCULOS.....	2
CONSTRUCCIÓN DE UN SITIO WEB PARA LA ENSEÑANZA DE HONGOS EN CEREALES Y MICOSIS OCUPACIONALES.....	3
María Cristina Julia Pérez-Reyes <sup>1*</sup> , Gabriela Sánchez-Hernández <sup>1</sup> , Elva Bazán-Mora <sup>2</sup> , Juan Espinosa-Rodríguez <sup>3</sup> y José Luis Garza-Rivera <sup>3</sup> .....	3
EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA DE NUCLEACIÓN Y FORMACIÓN DE HIDRATOS DE METANO UTILIZANDO EL BIOTENSOACTIVO SURFACTINA.....	13
Antonio Pavón-García*, Octavio Elizalde-Solís, Abel Zúñiga-Moreno, Ricardo García-Morales.....	13
EFFECTO ANTI-CONTRÁCTIL DEL ÓXIDO NÍTRICO ENDOTELIAL EN LA CONTRACCIÓN MEDIADA POR AGONISTAS ADRENÉRGICOS Y SEROTONINÉRGICOS.....	20
Patricia Castro-Moreno <sup>1</sup> , Alan Rodríguez-Martínez <sup>1</sup> , Carmen Guadalupe Mondragón-Huerta <sup>1</sup> , Dante Rubén Vargas-Reséndiz <sup>2</sup> y Maximiliano Ibarra-Barajas <sup>1*</sup> .....	20
DISEÑO E INSTRUMENTACIÓN DE UNA TORRE DE ABSORCIÓN, PARA ABSORBER EL CO <sub>2</sub> POR MEDIO DE DIETANOLAMINA A NIVEL LABORATORIO.....	30
Mario Luis Chew-Hernández <sup>2</sup> , Raúl Gómez Gómez-Tagle <sup>1*</sup> y Juventino Barojas-Huerta <sup>2</sup> .....	30
ESTADO DEL ARTE DEL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR.....	40
Cristel Ximena Cortés-Valadez*, Rosa Guadalupe Valadez-Olgún y María Teresa Mosqueda-Moreno.....	40
USO DE API PARA EL ANÁLISIS DE CITAS EN LAS BIBLIOTECAS DE LA FES CUAUTITLÁN UNAM.....	51
José Luis Garza-Rivera <sup>1*</sup> , Angélica Espinoza-Godínez <sup>2</sup> , Jessica Annabel Páez-Arancibia <sup>1</sup> y Margarita Micaela Zapata-Guerrero <sup>1</sup> .....	51
USANDO LAS BIBLIOGRAFÍAS ANOTADAS PARA ESTRECHAR LA RELACIÓN ENTRE INVESTIGACIÓN Y EDUCACIÓN.....	61
Jesús Cruz-Guzmán <sup>1*</sup> , José Luis Garza-Rivera <sup>2</sup> , Angélica Espinoza-Godínez <sup>3</sup> , Jessica Annabel Páez-Arancibia <sup>2</sup> , Juan Espinosa-Rodríguez <sup>2</sup> , Jesús Moisés Hernández-Duarte <sup>3</sup> , Rosa Guadalupe Valadez-Olgún <sup>2</sup> .....	61
LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL PROCESO ENSEÑANZA-APRENDIZAJE.....	71
Oscar Sánchez-Baños.....	71
USO Y APLICACIÓN DEL PROCESO ADMINISTRATIVO EN EMPRESAS FAMILIARES DEL SUR DEL ESTADO DE YUCATÁN.....	81
Jacqueline Zapata-Vázquez* y Tatiana Navarrete-Castillo.....	81

CONSTRUCCIÓN EXPERIMENTAL DEL DIAGRAMA DE EQUILIBRIO Sn-Zn MEDIANTE UNA TARJETA DAQ ECONOMICA Y ANÁLISIS TÉRMICO.....	91
Diego Sánchez-García*, Gonzalo Hedain López-Mera, Raúl Dalí Cruz-Morales, Jaime Hinojosa-Torres y Luis Alberto García-López .....	91
REHABILITACIÓN Y CONTROL DE BANDA FLEXIBLE DE MANUFACTURA CON PROGRAMACIÓN POR PLC .....	101
Raúl Dalí Cruz-Morales*, Víctor Hugo Morales-Méndez, Gonzalo Hedain López-Mera, Diego Sánchez-García, David Tinoco-Varela.....	101
EASYPower, TECNOLOGÍA DIGITAL PARA LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA ELÉCTRICA.....	111
Ángel Isaías Lima-Gómez*, Jesús Jatzel Olvera-López e Isaías Rafael Espinosa-Moreno .....	111
NANOPARTÍCULAS DE PLGA y PLGA-PEG CON CURCUMINA Y SU EFECTO SOBRE AFLATOXINA B1 IN VITRO .....	121
Roberto Díaz-Torres <sup>1</sup> , Jesús Abraham Méndez-Albores <sup>2*</sup> y Patricia Ramírez-Noguera <sup>1</sup> .....	121
ANOMALÍAS DE LA PRECIPITACIÓN DE ENERO A JULIO DEL AÑO 2023.....	131
Gustavo Mercado-Mancera <sup>1*</sup> , Saori Figueroa-Ochoa <sup>2</sup> , Amanda López-Maya <sup>2</sup> y María José Montiel-Legorreta <sup>2</sup> .....	131
USO DE NANOPARTÍCULAS EN SISTEMAS AGRÍCOLAS.....	140
Irving Aguilar-Hernández <sup>1</sup> , Zaira Citlali López-Patricio <sup>1</sup> , Gustavo Mercado-Mancera <sup>2*</sup> , Jesús Abraham Méndez-Albores <sup>2</sup> y Alma Guadalupe Vázquez-Durán <sup>2</sup> .....	140
DESARROLLO DE UN CULTIVADOR ADAPTADO A UNA CUATRIMOTO .....	149
Carlos Gómez-García*, Andrés Herrera-Vázquez, Job Anastasio Zaragoza-Esparza y Rogelio Solís-Solís.....	149
PC PUMA, SU IMPACTO EN LA FES CUAUTITLÁN UNAM .....	159
Angélica Espinoza-Godínez <sup>1*</sup> y José Luis Garza-Rivera <sup>2</sup> .....	159
LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DESCUBRIMIENTO DE NUEVOS FÁRMACOS PARA EL CONTROL DEL CÁNCER.....	169
Juan Manuel Aceves-Hernández*, Alin Miramontes, Jesús Moisés Hernández-Duarte .....	169
AISLAMIENTO DE BACTERIAS RESISTENTES A METALES PESADOS DE LECHOS DE MINAS .....	179
César Díaz-Pérez <sup>1*</sup> , Patricia Castro-Moreno <sup>2</sup> , Blanca Estela Gómez-Luna <sup>1</sup> , Juan Carlos Ramírez-Granados <sup>1</sup> , Mauricio Nahuam Chávez-Avilés <sup>3</sup> y Lenin Sánchez-Calderón <sup>4</sup> .....	179
EFFECTO DE LIPOSOMAS CARGADOS CON GSH SOBRE LA ACTIVIDAD DE ENZIMAS ANTIOXIDANTES..	189
Rafael Alejandro Rodríguez-Salazar*, Laura Denise López-Barrera, Patricia Ramírez-Noguera y Roberto Díaz-Torres .....	189
ESTUDIO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE DOS NANOSISTEMAS EN CULTIVOS ORGANOTÍPICOS DE CARTÍLAGO DE RATA.....	201

Ximena Hernández-Moncada* , Laura Denise López-Barrera, Patricia Ramírez-Noguera y Roberto Díaz-Torres .....	201
RELACIÓN DE ERRORES ENCONTRADOS POR REGLAS DE WESTGARD Y LA RESOLUCIÓN DEL EQUIPO211	
Gabino Estevez-Delgado <sup>1*</sup> , Joaquin Estevez-Delgado, Diana Laura Contreras-Reyes, y Ximena Ramos-Zamora <sup>2</sup> .....	211
DESARROLLO DE UN PROGRAMA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE DZP USANDO MATLAB .....	221
Eduardo Iván Pérez-Gómez, Adrián Ricardo Hipólito-Nájera* , María del Rosario Moya-Hernández, Norma Rodríguez-Laguna, Juan Carlos Rueda-Jackson y Rodolfo Gómez-Balderas .....	221
VALORES INTERPOLADOS MEDIANTE UN MÉTODO MATRICIAL PARA MATERIALES DE REFERENCIA .	231
Gabino Estevez-Delgado <sup>1*</sup> , Joaquin Estevez-Delgado, Ximena Ramos-Zamora <sup>2</sup> y Ángel Hernández-Montiel <sup>2</sup> .....	231
GUÍA BÁSICA PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO PARA SU CORRECTO FUNCIONAMIENTO .....	239
Ángel Raygoza-Trejo* , Luis Alberto Parra-Oaxaca y Alejandra Sánchez-Barrera .....	239
ENFERMEDADES DEL DURAZNO ( <i>Prunus persica</i> L.) PRESENTES EN EL HUERTO FRUTÍCOLA DE LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN, UNAM.....	246
Dennise Cruz-Benitez* , Martha Yolanda Quezada-Viay, Adolfo José Manuel Ochoa-Ibarra y Josefina Moreno-Lara.....	246
ÍNDICE DE AUTORES .....	254



## PRESENTACIÓN

Una nueva edición del Congreso Nacional de Tecnología (CONATEC) se presentó como la oportunidad de compartir las experiencias en la ciencia y tecnología y, que el Colegio de Técnicos Académicos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México, organizó con el lema “*Divulgación de la tecnología como soporte de la academia*”. Es así como el 6° CONATEC 2023 se desarrolló, como en las últimas tres ediciones, a través de la plataforma ZOOM®, lo cual facilitó la participación de personal académico no sólo de nuestra casa de estudios, sino también de otras instituciones del país y del extranjero, enriqueciendo el conocimiento entre la comunidad científica. El programa incluyó actividades precongreso, conferencias magistrales ofrecidas por connotados y reconocidos investigadores a nivel nacional e internacional, ponencias orales en vivo, ponencias orales en video, presentación de carteles y una mesa redonda que nos acercó a conocer el trabajo de los Técnicos Académicos en la UMDI SISAL y en la ENES Mérida. Un año de preparación, de trabajo intenso por parte del Comité Organizador integrado por los Técnicos Académicos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y hoy rinde frutos al ver que tanto en número y nivel de las participaciones ha superado las expectativas de la edición anterior del CONATEC. Muchas gracias a todos los que colaboraron en este Comité que, sin ser Técnicos Académicos, empeñaron sus ganas y conocimiento para lograr un trabajo multi e interdisciplinario, que se ve reflejado en pro de la ciencia y la divulgación del conocimiento. Se cumplieron los objetivos. Gracias, vamos por más.

*“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”*

Dr. Gustavo Mercado Mancera

Presidente del Colegio



---

**MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)**  
**Año 6, No. 6, septiembre 2023 – agosto 2024**

---



## **ARTÍCULOS**

## CONSTRUCCIÓN DE UN SITIO WEB PARA LA ENSEÑANZA DE HONGOS EN CEREALES Y MICOSIS OCUPACIONALES

María Cristina Julia Pérez-Reyes<sup>1\*</sup>, Gabriela Sánchez-Hernández<sup>1</sup>, Elva Bazán-Mora<sup>2</sup>,  
Juan Espinosa-Rodríguez<sup>3</sup> y José Luis Garza-Rivera<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Unidad de Investigación en Granos y Semillas. Facultad de Estudios Superiores  
Cuautilán. UNAM*

<sup>2</sup>*Departamento de Microbiología y Parasitología, Facultad de Medicina. UNAM*

<sup>3</sup>*Coordinación de Bibliotecas y Hemerotecas. Facultad de Estudios Superiores  
Cuautilán. UNAM*

[\\*crisp28@yahoo.com.mx](mailto:crisp28@yahoo.com.mx)

### Resumen

La seguridad e inocuidad alimentaria son una prioridad en los últimos años, especialmente por los efectos del cambio climático a nivel mundial en los cultivos agrícolas y la calidad de los alimentos, lo cual puede causar riesgos de migración de patógenos como los hongos, provocando una serie de cambios en las propiedades de los cereales, favoreciendo la producción de micotoxinas y micosis ocupacionales en el humano, debido a que el personal relacionado con la producción de granos y semillas se encuentra expuesto, en mayor o menor grado, a los bioaerosoles que se forman en las diferentes actividades agrícolas. Con la construcción de un sitio web se facilitará el aprendizaje de la relación que existe entre hongos microscópicos y los cultivos de cereales, así como, sus implicaciones en la alimentación y salud pública, fortaleciendo el proceso de enseñanza-aprendizaje y las destrezas cognitivas a través de contenidos digitales abiertos. Asimismo, brindará la posibilidad de acceder a unidades de aprendizaje con conocimientos de conceptos básicos de la importancia de los hongos que invaden los cereales y afectan la cadena agroalimentaria, un glosario ilustrado, con términos especializados, una guía ilustrada para hongos comunes en granos de cereales; vídeos, objetos de autoevaluación al final de cada unidad de aprendizaje, entre otros. Los contenidos propuestos en este sitio web tendrán menús de navegación en donde las y los estudiantes encontrarán los temas de su interés, además de ser un diseño limpio con suficiente espacio para facilitar la lectura en dispositivos digitales móviles. Fomentando

el aprendizaje educativo interactivo de manera síncrona o asíncrona, dejando de ser un proceso únicamente de memorización en el aula, en donde las y los estudiantes aprenderán y controlarán sus propias estrategias con el objeto de modificarlo y/o mejorarlo.

**Palabras clave:** micotoxinas, granos, autoevaluación, producción, aprendizaje.

## Introducción

El cambio climático representa una amenaza fundamental para la seguridad alimentaria a nivel mundial, el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza (Bárcena, 2014). Modelos climáticos han proyectado en algunas regiones geográficas una disminución de la precipitación en verano, un aumento en la temperatura y concentración de CO<sub>2</sub>, lo que podría dar como resultado episodios de estrés y sequía en los cultivos, aumentando el riesgo de migración de organismos patógenos y la producción de micotoxinas (Magan et al., 2011; Sanchis, 2021). La Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO) considera que un 25% del total de los cultivos a nivel mundial son afectados por hongos toxígenos, provocando en el humano y animales micotoxicosis agudas y crónicas. Además, la presencia de hongos durante el manejo de granos puede ocasionar micosis ocupacionales, en el sector salud se calcula que 4.8 millones de personas inmunodeprimidas padecen aspergilosis broncopulmonar alérgica y 400,000 aspergilosis pulmonar crónica, a nivel mundial (Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, 2019). La divulgación apropiada de este contenido a través de un sitio web ayudará a conocer y crear conciencia sobre los puntos críticos de seguridad alimentaria, salud y buenas prácticas agrícolas; facilitando el proceso de enseñanza aprendizaje en esta área de conocimiento.

## Objetivo

Dar a conocer la problemática de la presencia de hongos toxígenos en la cadena alimentaria y sus repercusiones económicas significativas en el sector de la industria

agroalimentaria y la salud pública, a través de un sitio web y actividades lúdicas de autoevaluación en línea.

### Importancia de los cereales y hongos toxígenos

Los cereales son empleados en la alimentación humana por su valor nutrimental como fuente importante de carbohidratos complejos, vitaminas, minerales y fibra. El maíz, trigo y arroz representan el 80% de la producción a nivel mundial. Durante su formación en el campo pueden ser afectados por enfermedades causadas por hongos, una de las más destructivas es la fusariosis producida por especies de *Fusarium* potencialmente productoras de micotoxinas como las fumonisinas (FU) B1 y B2, asociadas a cáncer de esófago en humanos y en animales leucoencefalomacia y edema pulmonar, la zearalenona (ZEA) con efecto estrogénico, la T-2 y HT-2 producen la aulequia tóxica (ATA) y el deoxinivalenol (DON) causante de alteraciones gastrointestinales e inmunológicas (Organización Mundial de la Salud, 2023). Otros hongos de campo comunes, además de *Fusarium*, en granos de cereales pequeños, son *Alternaria* y *Helminthosporium*, agentes causales de la punta negra con una distribución mundial. *Alternaria* es productor de micotoxinas como el alternariol (AOH), monometil éter de alternariol (AME), ácido tenuazónico (TeA) y alvertoxinas (ATX) con efectos genotóxicos y teratógenos (Arcella et al., 2016). En la poscosecha los cereales son almacenados en bodegas o silos por cierto periodo, antes de ser utilizados en la alimentación. Si estos granos no están en condiciones adecuadas de almacenamiento, se desarrollan especies de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, causando deterioro y producción de micotoxinas, como las aflatoxinas (AFA) B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub> consideradas carcinógenas (IARC Grupo 1), mientras que la AFA M1 y ocratoxina A (OTA) presentan efecto posiblemente carcinogénico (IARC Grupo 2-B). La presencia de micotoxinas en la cadena alimentaria es un riesgo de salud pública. Los principales factores que intervienen en la proliferación fúngica y la contaminación con micotoxinas son la humedad, temperatura, susceptibilidad del cultivo, madurez de los granos al momento de la cosecha, daños mecánicos y tipo de almacenamiento.

## Legislación internacional y control de micotoxinas

Las micotoxinas han sido estudiadas para estimar el daño que pueden causar en humanos y animales; así como para determinar las cantidades de ingesta diaria tolerable. La normatividad o legislación sobre la presencia de estas toxinas no se da de igual manera en todo el mundo, cada país o agrupaciones de estos, tiene diferentes límites máximos de concentraciones permitidas. La Organización Mundial de la Salud (OMS) recomienda a las autoridades gubernamentales para que se supervise y garantice que los niveles de micotoxinas presentes en alimentos que se comercializan en sus países sean mínimos, y cumplan con los niveles máximos permitidos, las condiciones y legislaciones nacionales e internacionales (Organización Mundial de la Salud, 2023). Las más frecuentes en alimentos son: AFA (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, G<sub>1</sub>, G<sub>2</sub>, M<sub>1</sub> y M<sub>2</sub>), OTA, PAT, citrinina (CIT), FUM, ZEA, nivalenol (NIV) y deoxinivalenol (DON). Un rubro importante en la cadena agroalimentaria es la inocuidad del producto. Es así como la Comisión Europea ha establecido los niveles máximos de presencia de micotoxinas en alimentos tanto para humanos como animales, asegurando así la inocuidad de estos; y sus normas son las más estrictas a nivel mundial (0.025 µg/kg de aflatoxina M<sub>1</sub>, en alimentos infantiles). En México solo se han regulado las aflatoxinas en maíz y materias primas con 12 µg/kg en consumo para humanos y 200 µg/kg para forraje (NOM-187-SSA1/SC-2002). En la Tabla 1 se muestran los límites máximos permitidos de aflatoxinas establecidos por diferentes países.

**Tabla 1. Límites máximos permitidos en diferentes países de aflatoxinas en cereales, oleaginosas y leche (EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria), 2006; Secretaría de Salud, 2003; VICAM, 2023)**

PAÍS	MATERIA	AFLATOXINAS		
		TOTALES	B <sub>1</sub>	M <sub>1</sub>
Estados Unidos de América	Materia prima agrícola	20		0.5
Canadá	Arroz, cacahuete y nueces para consumo humano	15		
México	Maíz nixtamalizado	12		
Barbados	Materias primas y los alimentos para ganado	50		
Chile	Maíz no elaborado	10		
Inglaterra	Maíz, cacahuete, cereales procesados Comida y/o fórmula infantil y suplemento dietético	4	2 0.1	0.03
Alemania	Cereales procesados y nueces de tierra Comida para infantes, fórmula y suplemento dietético	4 0.1	4 0.03	
Arabia Saudita	Cacahuete, almendras, nuez de Brasil con cáscara, pistaches y avellana para proceso	15		
Sudáfrica	Todas las materias primas para consumo humano	10	5	
Australia y Federación Rusa	Cacahuete y nueces	15		
China	Maíz, cacahuete y aceite de cacahuete	20		

### **Micosis ocupacional**

En el área agroalimentaria, los bioaerosoles, los accidentes con herramientas o material vegetal, entre otras situaciones, favorecen el desarrollo de micosis en el personal de la cadena agroalimentaria. Un propágulo fúngico, ya sea una espora, un fragmento de hifa entre otros, son el inóculo que tiene la capacidad de adherirse a algún tejido del personal. Estas estructuras son fundamentales para el desarrollo del hongo e inicie los signos y síntomas de las diversas micosis. En la piel, uñas y pelo se pueden desarrollar micosis superficiales o pueden colonizar la córnea, así como los conductos auditivos; cuando la inoculación es por un traumatismo que rompe la barrera de la piel, se originan micosis

subcutáneas como la esporotricosis, cromoblastomicosis, feohifomicosis o hialohifomicosis (Bonifaz, 2020). Si el inóculo es inhalado, puede adherirse al parénquima pulmonar, originando diversos cuadros clínicos con diseminación a diferentes órganos sólidos. El género *Aspergillus* ha sido descrito con menor o mayor frecuencia en todos los tipos de micosis porque es un hongo muy constante en los bioaerosoles de las diferentes actividades del sector agroalimentario (El-Baba et al., 2020). Uno o varios factores de inmunodeficiencia del paciente, la falta de experiencia en el diagnóstico de las micosis, así como la carencia de ensayos con antifúngicos específicos para conocer la sensibilidad del hongo involucrado, son los factores más frecuentes en un mal pronóstico de las micosis ocupacionales. Las recomendaciones son descritas en diversos manuales de trabajo, como son el uso de guantes, gafas protectoras, mascarillas, botas, entre otras (EstrucPlan, 2012).

### Diseño del sitio web

Este proyecto plantea la necesidad de incorporar una cantidad considerable de material gráfico como mapas, gráficas, tablas y estadísticas. Decidimos orientar el diseño hacia una propuesta con una galería de imágenes cuya función permita mostrar grupos de infografías desde diferentes ventanas emergentes. Es pertinente tomar en cuenta que la función antes descrita, no se encuentra disponible de manera natural en el lenguaje HTML, haciendo necesario integrar software compatible a través de JavaScript; de acuerdo con desarrolloweb.com (Desarrolloweb.com, s/f), este software permite incorporar efectos y elementos interactivos, posibilitando la ampliación de los alcances en el desarrollo de proyectos enfocados a la web. Por lo anterior, decidimos disponer de una plantilla basada en el Framework de Bootstrap 5.0, obtenida en el sitio “Start Bootstrap” (Strart Bootstrap, 2023), la cual cuenta con la funcionalidad requerida y mencionada anteriormente.

Start Bootstrap es un sitio web al cual se accede desde el enlace (<https://startbootstrap.com/>), de acuerdo con la información disponible en el mismo, se indica que es posible descargar y obtener temas, plantillas y otras herramientas de

interfaz de usuario en Bootstrap, lo cual brinda al desarrollador de una guía o ayuda al comienzo de un nuevo proyecto.

El material disponible en este sitio es de código abierto, sustentado bajo una licencia por Massachusetts Institute of Technology (MIT), la cual es posible utilizar por ser un software libre, ampliamente reconocida y permisiva; dicha plantilla es 100% editable, permitiendo modificar y adaptar el código original a las necesidades del proyecto (Open Source Initiative, s/f).

Dentro de la galería del sitio de Start Bootstrap, podemos ubicar la plantilla bajo el nombre de “Agency”, la cual contiene una sección llamada “Portfolio”, con la funcionalidad que permite abrir ventanas emergentes. Esta herramienta fue de mucha utilidad en la construcción de nuestro proyecto, al hacer posible la presentación de las tablas y gráficas disponibles desde una galería de imágenes previamente establecida.

A continuación, podemos observar en la Figura 1 la sección Portfolio en su forma original editable. En la Figura 2 se muestra ya modificada y adaptada a nuestro proyecto web.

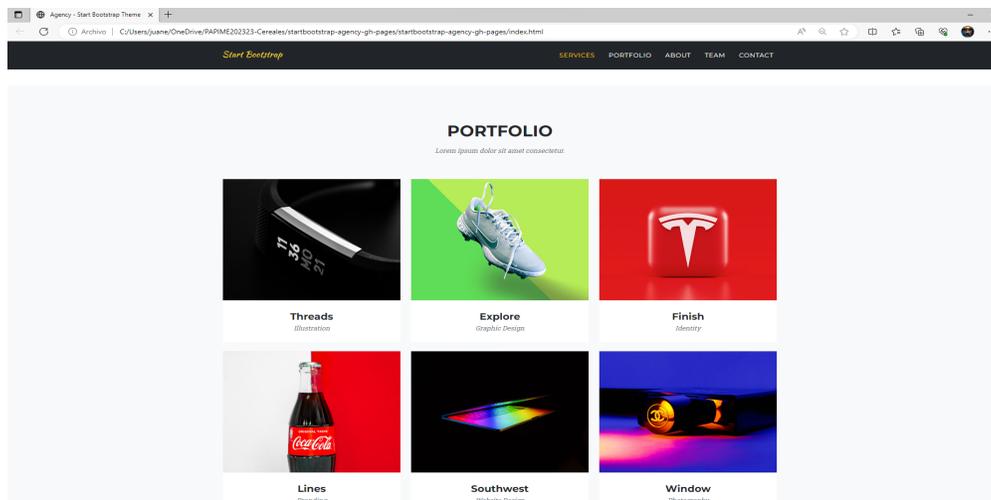


Figura 1. Captura de pantalla de la plantilla con la sección “Portfolio” en su forma original antes de ser editada.



Figura 2. Captura de pantalla de la misma sección “Portfolio”, después de ser editada y renombrada como “Nivel de producción por estado de la república mexicana”.

### Ejercicios de autoevaluación

Para la construcción de los ejercicios de autoevaluación se seleccionó la plataforma H5P, debido a la facilidad de crear actividades interactivas que puedan ser insertadas en un formato responsivo dentro de un sitio web. H5P es una herramienta que se integra a varios sistemas de administración de aprendizaje como Moodle, Blackboard, Canvas, entre otros, o directamente a HTML5. Funciona bajo una licencia MIT de código abierto y gratuita (Joubel, 2023). H5P permite la incorporación de varios tipos de contenidos interactivos como son: crucigramas, actividades de completar textos, juegos de memoria, arrastrar y soltar, tarjetas, entre otras.

En este proyecto se incluye directamente el código H5P en el sitio para darle independencia y mantener todo su contenido dentro del espacio institucional. Para lograr dicho propósito se emplea la aplicación multiplataforma gratuita (Lumi Education, 2023) que permite generar código JavaScript local. Los ejercicios de autoevaluación están en la fase de planeación, se desarrollarán para cada uno de los subtemas y se colocarán al final para que el usuario del sitio pueda verificar la comprensión de los materiales expuestos.

## Conclusión

Con la construcción de un sitio web responsivo se fortalecerá el proceso de enseñanza-aprendizaje y destrezas cognitivas a través de contenidos digitales abiertos de granos de cereales de importancia agroalimentaria, sus implicaciones en la salud pública referentes a la inocuidad, así como la presencia de micotoxinas, su legislación y las micosis ocupacionales. En este proyecto se emplearon diferentes herramientas informáticas para compilar una gran cantidad de datos que fueron analizados y depurados para ser resumidos y plasmados en mapas, gráficas y tablas informativas, en formatos interactivos.

## Agradecimientos

Agradecemos el apoyo de UNAM-DGAPA-PAPIME con el proyecto PE202323, ¿Qué hongo con los cereales?: su impacto en la industria agroalimentaria y la salud. También a la D.G. Luz Gabriela Flores Sánchez por las ilustraciones digitales y animaciones.

## Referencias

- Arcella, D., Eskola, M., & Gómez Ruiz, J. A. (2016). Dietary exposure assessment to *Alternaria* toxins in the European population. *EFSA Journal*, 14(12).  
<https://doi.org/10.2903/J.EFSA.2016.4654>
- Bárcena, A. (2014). *Hacia una agenda para el desarrollo post-2015 Contexto para la reunión*.  
[https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/plen.29\\_consultarendicioncuentasagdespost2015.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/plen.29_consultarendicioncuentasagdespost2015.pdf)
- Bonifaz, A. (2020). *Micología Médica Básica* (6a ed.). McGraw Hill. Interamericana.
- Centros para el Control y la Prevención de Enfermedades, C. N. de E. I. E. y Z. D. de E. T. por los A. el A. y el M. (2019). *Aspergillus Statistics | Aspergillus | Types of Fungal Diseases | Fungal Diseases | CDC*.  
<https://www.cdc.gov/fungal/diseases/aspergillosis/spanish/statistics.html>
- Desarrolloweb.com. (s/f). *Javascript*. Recuperado el 29 de agosto de 2023, de <https://desarrolloweb.com/home/javascript>
- EFSA (Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria). (2006). *Commission Regulation*

(EC) No 401/2006 of 23 February 2006 laying down the methods of sampling and analysis for the official control of the levels of mycotoxins in foodstuffs.

[https://food.ec.europa.eu/safety/chemical-safety/contaminants/catalogue/mycotoxins\\_en](https://food.ec.europa.eu/safety/chemical-safety/contaminants/catalogue/mycotoxins_en)

El-Baba, F., Gao, Y., & Soubani, A. O. (2020). Pulmonary Aspergillosis: What the Generalist Needs to Know. En *American Journal of Medicine* (Vol. 133, Número 6, pp. 668–674). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2020.02.025>

EstrucPlan. (2012). *Riesgos y prevención de patologías laborales en las plantas de acopio de granos – Estrucplan*. <https://estrucplan.com.ar/riesgos-y-prevencion-de-patologias-laborales-en-las-plantas-de-acopio-de-granos/>

Joubel. (2023). *H5P*. <https://h5p.org/content-types-and-applications>

Lumi Education. (2023). *Lumi*. <https://lumi.education/>

Magan, N., Medina, A., & Aldred, D. (2011). Possible climate-change effects on mycotoxin contamination of food crops pre- and postharvest. En *Plant Pathology* (Vol. 60, Número 1, pp. 150–163). <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02412.x>

Open Source Initiative. (s/f). *The MIT License*. Recuperado el 29 de agosto de 2023, de <https://opensource.org/license/mit/>

Organización Mundial de la Salud. (2023). *Micotoxinas*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/mycotoxins>

Sanchis, V. (2021). Cambio climático y micotoxinas ¿Sabemos lo suficiente? *Revista de la Asociación de Científicos y Tecnólogos de Alimentos de Castilla y León*, 75, 10–15.

Secretaría de Salud. (2003, agosto). *NORMA Oficial Mexicana NOM-187-SSA1/SCFI-2002, Productos y servicios. Masa, tortillas, tostadas y harinas preparadas para su elaboración y establecimientos donde se procesan. Especificaciones sanitarias. Información comercial. Métodos de prueba*. DOF- Diario Oficial de la Federación. [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=691995&fecha=18/08/2003#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=691995&fecha=18/08/2003#gsc.tab=0)

Strart Bootstrap. (2023). *Free Bootstrap Themes, Templates, Snippets, and Guides - Start Bootstrap*. <https://startbootstrap.com/>

VICAM. (2023). *Worldwide Mycotoxin Regulations Tool*.

<https://www.commodityregs.com/index.php?showmap=true&app=&rand=true>

## EVALUACIÓN DE LA TEMPERATURA DE NUCLEACIÓN Y FORMACIÓN DE HIDRATOS DE METANO UTILIZANDO EL BIOTENSOACTIVO SURFACTINA

Antonio Pavón-García\*, Octavio Elizalde-Solís, Abel Zúñiga-Moreno, Ricardo García-Morales

<sup>1</sup>*Instituto Politécnico Nacional, ESIQIE*

[\\*apavong0900@alumno.ipn.mx](mailto:apavong0900@alumno.ipn.mx)

### Resumen

Actualmente, el interés por el estudio de la formación de hidratos de gas ha crecido debido a la aplicación que se les puede dar en el almacenaje y transporte de gas, el objetivo de este trabajo fue, evaluar el efecto que presenta un biotensoactivo (Surfactina) a baja concentración durante el proceso de nucleación y formación de hidratos de metano. La surfactina se aplicó en los sistemas bajo estudio a concentraciones acuosas de 0, 1500, 2000 y 2500 ppm; así mismo, se aplicó el método isocórico - isotérmico dentro de tres celdas a volumen constante a una presión de 50 bar y se encontró que el biotensoactivo utilizado actúa como un promotor en la formación del hidrato de metano al disminuir el tiempo de inducción y aumentar la temperatura de formación.

**Palabras clave:** hidratos, metano, surfactina, biotensoactivos

### Introducción

Los hidratos de gas son compuestos formados por moléculas de agua y moléculas de gas sin que haya algún enlace químico de por medio entre ellos, estos compuestos se forman a condiciones adecuadas de temperatura y presión que por lo general son alta presión y bajas temperaturas, los hidratos fueron descubiertos en 1810 y anteriormente se les consideraba solo como un problema debido a que podían llegar a formar taponamientos en líneas de transporte de gas natural y como consecuencia dichas líneas

podían llegar a fracturarse (Sloan jr. & Koh, 2007), en la industria petrolera también son considerados un gran problema en etapas como la perforación y extracción de petróleo, por tales razones el estudio sobre hidratos de gas se enfocaba principalmente en encontrar alternativas para evitar la formación de hidratos como el uso de diferentes aditivos para cambiar las condiciones de presión y temperatura durante el proceso de formación, a estos aditivos se les conoce como inhibidores termodinámicos (Daraboina, Pachitsas, & von Solms, 2015). Existe otro tipo de aditivos clasificados como inhibidores para la formación de hidratos que son los inhibidores de baja dosificación, y a diferencia de los anteriores, estos compuestos no cambian las condiciones de formación, pero sí modifican la cinética de formación. La ventaja de estos últimos es que se emplean en bajas concentraciones (Kelland, 2014). Por otra parte, se sabe que 1 m<sup>3</sup> de hidrato de gas puede contener hasta 180 m<sup>3</sup> de gas natural, esta es una de las razones por las que la comunidad científica ha volteado a ver a los hidratos de gas como una alternativa en el transporte y almacenamiento de gas. Por tal motivo, se están desarrollando investigaciones sobre aditivos que cambien las condiciones de formación (P y T), o la cinética para promover la formación de hidratos de gas. Algunos de los compuestos que promueven la cinética de formación son los tensoactivos debido a que pueden bajar la tensión superficial entre el gas y el agua, favoreciendo así, el área de contacto para mejorar la formación (Ganji, Manteghian, & Rahimi Mofrad, 2007). Los lipopéptidos son compuestos con estructuras cíclicas generalmente producidas por especies de Bacilos y Pseudomonas. La surfactina, clasificada como un biotensoactivo, es el lipopéptido más estudiado y puede reducir la tensión superficial del agua de 72 a 27 mN/m; de hecho, muestra una mejor actividad superficial que el SDS de acuerdo con algunos estudios de la literatura especializada (Bhattacharjee, y otros, 2017). Por lo tanto, se espera que al agregar surfactina al sistema bajo estudio se disminuya el tiempo de inducción e incremente la temperatura de formación de hidratos de metano con respecto a los sistemas sin aditivo.

## Objetivo

El objetivo de este trabajo es determinar experimentalmente el desempeño del biotensoactivo surfactina en la formación de hidratos de metano, evaluando tanto la temperatura máxima de formación, así como el tiempo de inducción.

## Materiales y métodos

Para este trabajo se utilizó surfactina sódica, agua desionizada y gas metano de alta pureza. El método experimental utilizado para la formación de hidratos fue el método isocórico - isotérmico. Para esto, se utilizó el arreglo experimental que se describe en la figura 1. Este consta de tres celdas de equilibrio construidas en acero inoxidable (A, B, C) las cuales se sumergen en un recipiente que contiene líquido refrigerante (2) para mantener la temperatura deseada de las celdas, esta temperatura es controlada mediante un recirculador (12). Cada celda consta de un manómetro (3) y un termómetro (4) para medir la presión y la temperatura en tiempo real y por medio de una adquisición de datos realizada en un software de distribución libre (Python) (10) estas temperaturas y presiones son guardadas en archivos de texto para su posterior análisis. Además, cada celda cuenta con un agitador magnético (5) y a su vez los agitadores tienen un controlador de velocidad (6). Finalmente, el gas es suministrado al sistema por medio de una bomba de pistón (7).

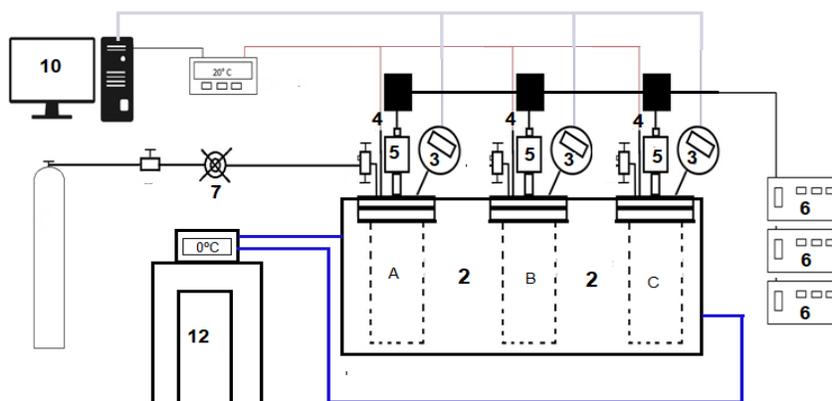


Figura 1. Equipo experimental

Antes de iniciar cada experimento, las celdas son cargadas con la solución de surfactina, cada celda con una concentración específica, el reactor 1 con 1500 ppm, reactor 2 con 2000 ppm y el reactor 3 con 2500 ppm, asegurándose que cada celda quede herméticamente cerrada para posteriormente hacer vacío al sistema, a una temperatura de 20°C. Posteriormente, se fija la temperatura de estudio (por ejemplo, 0°C) y se prenden los agitadores. A partir de este momento, empiezan los experimentos. Cuando los sistemas están estabilizados en presión y temperatura, se procede a inyectar el gas hasta 50 bar. Una vez que los sistemas están cargados con la presión deseada, se deja estabilizar nuevamente la presión y temperatura. Finalmente, cuando los sistemas se encuentran en equilibrio, se detiene la agitación y se deja el experimento hasta una semana esperando a que haya formación de hidratos de gas.

## Resultados

Los sistemas reportados en este trabajo son  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} +$  surfactina a tres diferentes concentraciones: 1500, 2000 y 2500 ppm, el sistema  $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$  no se muestra en este apartado debido a que no hubo formación por debajo de 273.15 K, por lo que, cualquier formación de hidratos por arriba de 273.15 K se considera evidencia de promoción para la formación, utilizando el biotensoactivo. Los parámetros obtenidos a partir de la presión y temperatura para este trabajo fueron: temperatura de cristalización, tiempo de inducción y caída de presión debido a la formación, las Figuras 2, 3 y 4 muestran la variación de tales parámetros, la Figura 2 muestra la temperatura de cristalización, en donde se alcanzó una temperatura de formación de hasta 2.57 °C a 2000 ppm de surfactina, sin embargo, también se logró la formación a 1500 y 2500 ppm a 1.86 y 1.47 °C respectivamente. La Figura 3 muestra la caída de presión debido a la formación del hidrato de metano, en la gráfica se muestra un  $\Delta P$  de aproximadamente 22 bar y la diferencia de presión con respecto a la concentración no es significativa, ya que entre las tres concentraciones la diferencia máxima es aproximadamente un bar. Finalmente, el tiempo de inducción que se muestra en la Figura 4, supone que el menor tiempo de

inducción es a 2000 ppm de surfactina, ya que la formación empezó después de 6.4 minutos de haber inyectado el gas, mientras que, para las otras dos concentraciones el tiempo de inducción fue de 7.3 y 13.9 minutos para 1500 y 2500 ppm respectivamente.

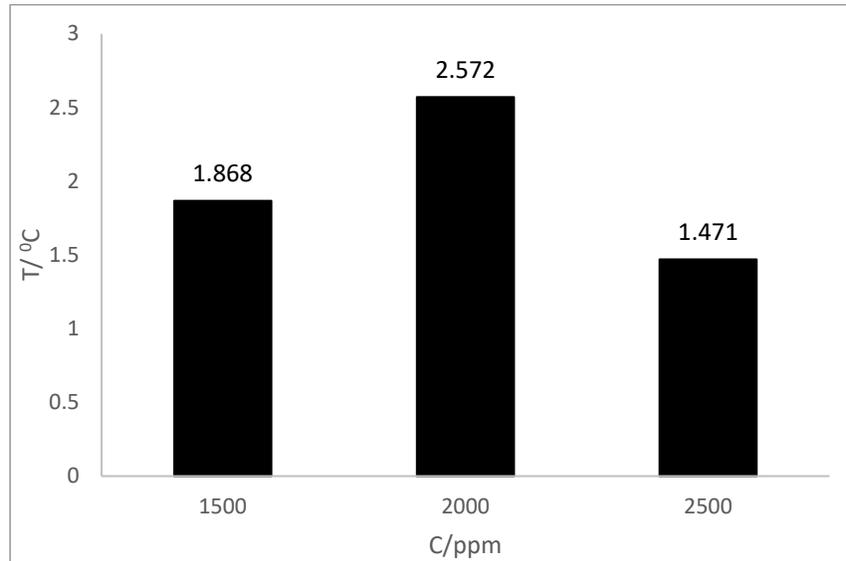


Figura 2. Temperatura de cristalización

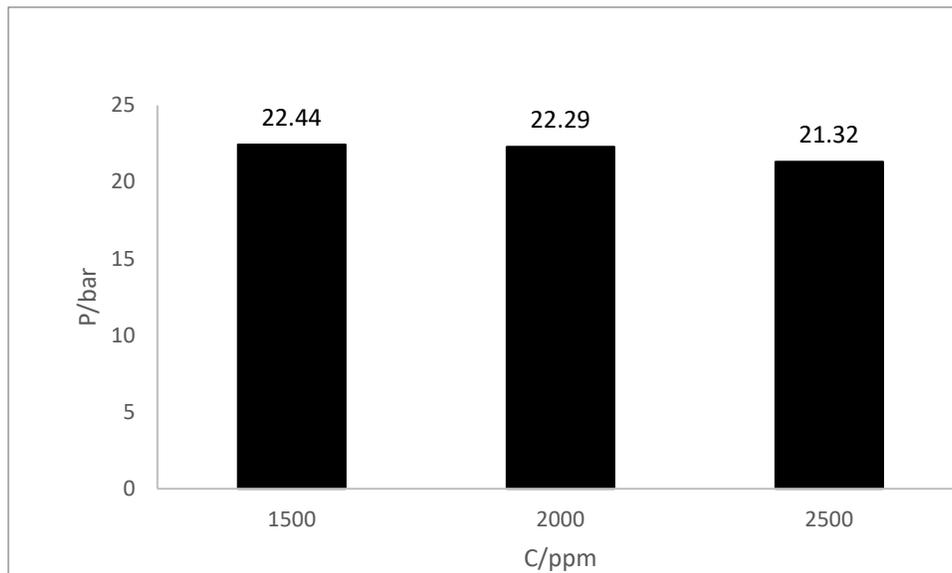


Figura 3. Caída de Presión

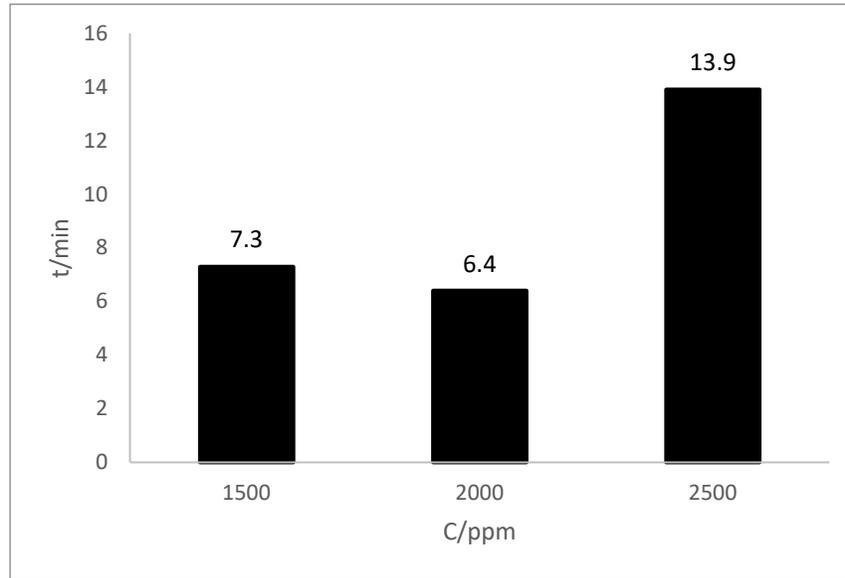


Figura 4. Tiempo de inducción

## Discusión

No existen otros trabajos en donde se proponga la surfactina como promotor en la formación de hidratos de metano a concentraciones de 1500, 2000 y 2500 ppm. Sin embargo, existen trabajos en donde estudian a la surfactina a concentraciones menores de 1000 ppm (Jadav, Sakthipriya, Doble, & Sangwai, 2017). En los cuales, han encontrado que el biotensoactivo actúa como promotor en la formación de hidratos al disminuir el tiempo de inducción, al igual que lo encontrado en este trabajo. Ya que, con respecto a los resultados obtenidos, el tiempo de inducción se redujo, hubo una caída de presión debido a la formación del hidrato de metano. Además, la temperatura máxima de formación fue de alrededor de 2.5 °C.

## Conclusión

1. Con los resultados obtenidos, es posible determinar que la surfactina actúa como promotor en la formación de hidratos de metano debido a que logró la formación de hidratos de gas aun cuando el sistema estuviera por encima de 0 °C, a diferencia de cuando el sistema estaba en ausencia del biotensoactivo que no se logró la formación

del hidrato de metano aun cuando el sistema estaba muy cerca de la temperatura de congelación del agua.

2. El gas consumido debido a la formación del hidrato es proporcional a la caída de presión reportado en este trabajo, será interesante saber cuántos moles de gas se consumió al modelar el consumo utilizando la ecuación de los gases reales.
3. Al parecer, el tiempo de inducción no es afectado por la concentración del biotensoactivo, pero sí se afecta debido a la agitación del sistema al momento de inyectar el gas.
4. El efecto promotor del biotensoactivo es debido a la disminución de la tensión superficial del agua en presencia de la surfactina y esto permite una mayor interacción del agua con el metano y así mejorar la formación del hidrato al disminuir el tiempo de formación y aumentando el consumo de gas.

## Referencias

- Bhattacharjee, G., Barmecha, V., Pradhan, D., Naik, R., Zare, K., Mawlankar, R. B., Kumar, R. (2017). The Biosurfactant Surfactin as a Kinetic Promoter for Methane Hydrate Formation. *Energy Procedia*, 5011-5017.
- Daraboina, N., Pachitsas, S., & von Solms, N. (2015). Natural gas hydrate formation and inhibition in gas/crude oil/aqueous systems. *Fuel*, 186-190.
- Ganji, H., Manteghian, M., & Rahimi Mofrad, H. (2007). Effect of mixed compounds on methane hydrate formation and dissociation rates and storage capacity. *Fuel Processing Technology*, 891-895.
- Jadav, S., Sakthipriya, N., Doble, M., & Sangwai, J. S. (2017). Effect of biosurfactants produced by *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa* on the formation kinetics of methane hydrates. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 156-166.
- Kelland, M. A. (2014). *Production Chemicals for the Oil and Gas Industry*. Boca Raton: CRC Press.
- Sloan jr., E. D., & Koh, C. A. (2007). *Clathrate Hydrates of Natural Gases*. Boca Raton: CRC Press.

## EFECTO ANTI-CONTRÁCTIL DEL ÓXIDO NÍTRICO ENDOTELIAL EN LA CONTRACCIÓN MEDIADA POR AGONISTAS ADRENÉRGICOS Y SEROTONINÉRGICOS

Patricia Castro-Moreno<sup>1</sup>, Alan Rodríguez-Martínez<sup>1</sup>, Carmen Guadalupe Mondragón-Huerta<sup>1</sup>, Dante Rubén Vargas-Reséndiz<sup>2</sup> y Maximiliano Ibarra-Barajas<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM

<sup>2</sup>Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM

\*[maxibarrab@unam.mx](mailto:maxibarrab@unam.mx)

### Resumen

La disfunción vascular es una complicación común en la diabetes, afecta el balance contracción/dilatación al alterar la síntesis de moléculas vasodilatadoras y promover la producción de agentes vasoconstrictores conduciendo a la desregulación de la hemodinamia y el tono vascular. En este trabajo se investigó el efecto anti-contráctil del óxido nítrico endotelial (NO) (un mecanismo que regula la vasoconstricción) durante la estimulación de receptores que producen contracción de la aorta de ratas con diabetes experimental. Se utilizó el modelo de diabetes por inducción con estreptozotocina (STZ) permitiendo la libre evolución por 4 semanas; al finalizar este tiempo, las ratas se anestesiaron y se aisló la aorta torácica, se cortó en anillos y se montó en un equipo para órgano aislado. Los anillos fueron sometidos a contracción utilizando fenilefrina, metoxamina (agonistas adrenérgicos) y Serotonina (agonista serotoninérgico); al provocar la contracción máxima se administró L-NAME (inhibidor de la sintasa de NO endotelial, eNOS). Además, se determinó por histología el grosor de la capa media de la aorta. Los resultados muestran que la respuesta contráctil máxima a los tres agonistas fue menor en la aorta de ratas diabéticas. Además, el efecto anti-contráctil del NO fue menor en la aorta de ratas diabéticas, siendo muy importante este cambio para serotonina. El grosor de la capa media fue menor en la aorta de ratas diabéticas comparado con el grupo control, además se observó pérdida de matriz extracelular e infiltrado celular. Los datos sugieren que durante la diabetes se altera la actividad anti-

contráctil del NO endotelial, dependiendo del tipo de receptor que estimula la contracción de la aorta. La reducción de la respuesta contráctil podría estar relacionada con los cambios estructurales de la aorta en el diabético.

**Palabras clave:** Contracción vascular, Aorta torácica, Disfunción endotelial, Diabetes, Vasodilatación.

### Introducción

Los vasos sanguíneos permiten el transporte sanguíneo por todo el organismo y desempeña un papel más allá de su función como conductor mecánico, ejerciendo funciones fisiológicas que regulan el flujo sanguíneo a los tejidos y la presión arterial a través de una variedad de receptores distribuidos en toda su estructura (Liu *et al.*, 2021). En particular, el tono vascular de la aorta está regulado por distintos receptores, entre los que destacan los adrenoreceptores  $\alpha_{1D}$  (Villalobos & Ibarra, 1996) y los receptores a serotonina (Villazón *et al.*, 2002) que desencadenan procesos de vasoconstricción, los cuales pueden ser contrarrestados por el óxido nítrico (NO), ayudando a mantener el equilibrio hemodinámico y la presión arterial (Xu *et al.*, 2022).

El óxido nítrico (NO) se ha identificado como una molécula que induce la vasodilatación, incluida la aorta, y en los años recientes se ha informado que también posee una actividad anti-contráctil, que modula negativamente la constricción ejercida sobre la vasculatura (Victorio *et al.*, 2016). La liberación del NO del tejido adiposo perivascular ejerce una participación anti-contráctil importante, donde intervienen diversos mediadores como los receptores Mas, AT2 y los receptores adrenérgicos  $\beta_3$  que tras su estimulación activan la producción de NO (Bussey *et al.*, 2018; Nóbrega *et al.*, 2019). La hipertensión arterial y el envejecimiento reducen la actividad anti-contráctil mediada por el NO endotelial (Ibarra *et al.*, 1995; Ibarra *et al.*, 2006), por lo que resulta interesante analizar si el NO endotelial posee esa misma actividad durante la diabetes, dado que este padecimiento reduce la biodisponibilidad del NO (Karasek *et al.*, 2023) lo que podría generar cambios

fisiopatológicos que desempeñan un papel importante en el daño vascular y las enfermedades cardiovasculares asociadas con la diabetes mellitus.

## Objetivo

Determinar el efecto anti-contráctil del óxido nítrico endotelial en la contracción mediada por agonistas adrenérgicos y serotoninérgicos en la aorta torácica de ratas diabéticas.

## Materiales y métodos

### *Animales*

Se utilizaron ratas Wistar macho de 200 a 250 g y se mantuvieron en condiciones ambientales controladas, agua y alimento *ad libitum* (dieta estándar de Purina SA, México) de acuerdo con la NOM-062-ZOO-1999, SAGARPA, México.

### *Inducción de diabetes*

Los animales se administraron con una dosis única de 65 mg/kg de peso de estreptozotocina (STZ) (Sigma-Aldrich®) vía intraperitoneal (I. P.). El grupo control recibió solamente el vehículo (amortiguador de citratos, pH de 4.5, 50 mM). Previo a la inducción y 72 horas posteriores, se midió glucosa en sangre con un glucómetro Accu-Check®. Únicamente las ratas con valores  $\geq 200$  mg/dl de glucosa en sangre fueron incluidas en el grupo experimental y se permitió la libre evolución de la diabetes durante 4 semanas.

### *Extracción de la arteria aorta torácica*

Al finalizar el tiempo de evolución de la diabetes, las ratas se anestesiaron con una dosis única de pentobarbital sódico (60 mg/kg, vía I.P.) y mediante una toracotomía se extrajo la aorta torácica, la cual se limpió de tejido conectivo y grasa, luego se cortó en 4 anillos de 3-4 mm de longitud que fueron colocados en cámaras para órgano aislado que contenía solución Krebs-Henseleit, burbujeo constante de O<sub>2</sub> al 95%, CO<sub>2</sub> al 5% y temperatura de 37°C, los anillos se sujetaron a un transductor de tensión isométrica (modelo FT03 Grass Force Displacement Transducer; Astro-Med, Inc. West Wawick, RI, USA), el cual se encuentra acoplado a un sistema de adquisición de datos MP100 (Biopac

Systems Inc.). Los datos de tensión isométrica fueron registrados mediante el software Acqknowledge (versión 3.9.1).

### *Contracción de la aorta a fenilefrina, metoxamina y serotonina*

Tras un período de estabilización y sensibilización de las aortas, se utilizó un anillo para cada agonista, fenilefrina [31.6  $\mu$ M], metoxamina [316  $\mu$ M] y serotonina [100  $\mu$ M] (concentraciones que aseguran el efecto máximo). Cuando se alcanzó la contracción máxima provocada por los agonistas se agregó L-NAME [100  $\mu$ M] para inhibir la producción de NO y determinar el efecto anti-contráctil.

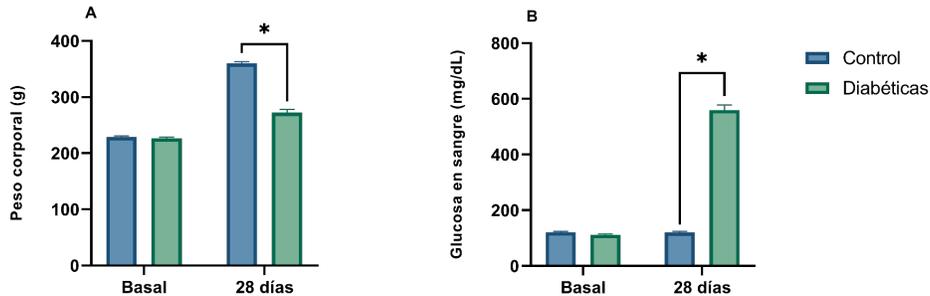
### *Análisis histológico*

De las arterias utilizadas previamente, se seccionó un anillo de la arteria aorta y se fijó en paraformaldehído al 4%, posteriormente se procesaron con técnica histológica de rutina y se realizaron cortes de 4  $\mu$ m de grosor, los cuales se tiñeron con Hematoxilina-Eosina (H&E) y Tricrómica de Masson. Las fotografías de los tejidos se obtuvieron con un microscopio invertido Carl Zeiss Axio Vert.A1 usando el software ZEN 2.1 Lite. Todas las fotografías se capturaron en un aumento de 40x. Para realizar las mediciones de la túnica media se utilizó el software Fiji (versión 2.13.1).

## **Resultados**

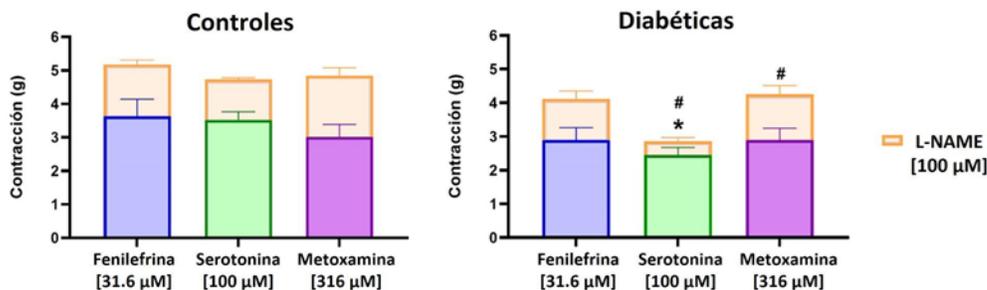
El peso inicial de las ratas normales y diabéticas fue  $226 \pm 2$ g, posterior a las 4 semanas de evolución el grupo control alcanzó un incremento significativo de  $130 \pm 2$ g, sin embargo, las ratas diabéticas, aumentaron alrededor de  $46 \pm 3$ g (Figura 1A). La concentración de glucosa previo a la inducción de diabetes fue de  $108 \pm 2$ mg/dL en

ambos grupos. En las ratas control este valor no se modificó durante las 4 semanas, las ratas administradas con STZ alcanzaron valores mayores a los 400 mg/dL (Figura 1B).



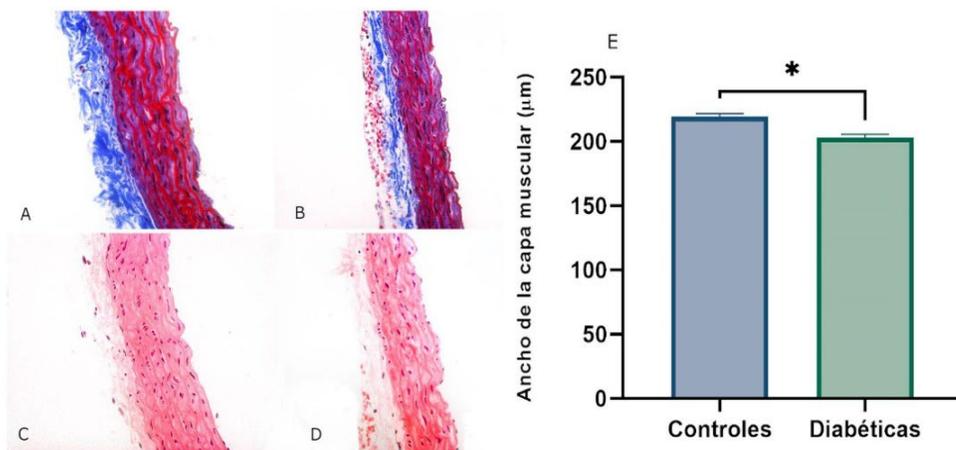
**Figura 1. Peso corporal y glucosa periférica en ratas diabéticas.** A) Peso corporal; B) Glucosa en sangre. n= 8-10 mediciones por grupo. \*p>0.01 vs control.

Los anillos aórticos se estimularon con fenilefrina, serotonina y metoxamina en concentraciones que producen la contracción máxima a cada agonista. La contracción vascular ejercida por fenilefrina y metoxamina fue ligeramente reducida en el grupo diabético comparado con el grupo control, mientras que la estimulación con serotonina produjo un efecto presor significativamente menor en los anillos aórticos de ratas diabéticas (Figura 2).



**Figura 2. Efecto contráctil inducido por la Fenilefrina, Serotonina y Metoxamina y efecto anti-contráctil mediado por el óxido nítrico en la arteria aorta de ratas diabéticas.** Las barras representan el promedio  $\pm$  e.e de 6-9 experimentos por grupo. Significancia estadística \*p<0.05 vs efecto de Serotonina en control. #p<0.05 vs L-NAME en control.

Para analizar el efecto anti-contráctil del NO se utilizó L-NAME un inhibidor de la sintasa del NO. La adición del L-NAME provocó un aumento adicional en la respuesta contráctil a los agonistas (Barras amarillas, Figura 2). Resulta interesante que el efecto anti-contráctil del NO fue levemente reducido en presencia de fenilefrina en las ratas diabéticas en comparación al grupo control, mientras que la función anti-contráctil del NO tras estimular con serotonina y metoxamina fue significativamente menor en arterias aortas diabéticas (Figura 2).



**Figura 3. Histología y morfología de la arteria aorta torácica de ratas diabéticas.** Tinción tricrómica de Masson (40X). A) control, B) diabéticas. Tinción H&E (40X). C) control, D) diabéticas. E) Medición de la capa muscular, las barras representan el valor promedio de 25 mediciones de 6 arterias por grupo. \* $p < 0.05$  vs control.

Con el fin de determinar si los cambios estructurales de la arteria podrían explicar el deterioro de la contracción en el animal diabético, las aortas se analizaron por tinción histológica y se pudo observar una evidente disminución en el grosor de la capa muscular de las arterias aortas de ratas diabéticas (Figura 3B y D) respecto a las arterias control (Figura 3E). Adicionalmente, se observa una menor cantidad de fibras de matriz extracelular en la capa adventicia y presencia de infiltrado celular, sin embargo, estos hallazgos están sujetos a un estudio más detallado.

## Discusión

Las ratas del grupo diabético manifestaron menor peso corporal e hiperglucemia, así como polifagia, polidipsia y poliuria (datos no mostrados), por lo que este modelo de diabetes comparte similitudes con la diabetes en el humano en cuanto a sus manifestaciones clínicas y patológicas (King, 2012).

Como se muestra en la Figura 2, las aortas de ratas control no mostraron diferencia en la magnitud de contracción a los diferentes agonistas utilizados, las cuales alcanzaron efecto máximo similares; sin embargo, el efecto anti-contráctil provocado por el NO endotelial fue dependiente de agonista utilizado, ya que fue menor con serotonina que con los agentes adrenérgicos, sugiriendo que el efecto contrarregulador del NO en ratas sanas es dependiente de la contracción inducida por los receptores adrenérgicos y serotoninérgicos, lo que abre un nuevo campo para estudiar otros receptores que también regulan la contracción. En contraparte, en aortas diabéticas se pudo observar disminución significativa de la contracción activada por serotonina, mientras que las respuestas contráctiles con fenilefrina y metoxamina fueron solo levemente alteradas con respecto al grupo control. En aortas diabéticas, el efecto anti-contráctil del NO endotelial en respuesta a metoxamina y serotonina fue significativamente menor, mientras que con fenilefrina se redujo levemente, lo que indica que la alteración en la función anti-contráctil en la diabetes depende de agente contráctil, así como la señalización de los receptores adrenérgicos y serotoninérgicos. Además, la alteración de la actividad y/o la liberación del NO endotelial durante la diabetes puede deberse a la pérdida de la función molecular de las células endoteliales (Takeda *et al.*, 2020).

La disfunción endotelial y las alteraciones en la liberación del NO se han caracterizado en arterias aortas durante la hipertensión arterial, donde se ha demostrado que disminuye el efecto modulador negativo del endotelio cuando se induce la contracción con serotonina (Ibarra *et al.*, 2006). Adicionalmente, se ha reportado que en estados de vejez disminuye la biodisponibilidad de NO debido al aumento de la concentración del anión superóxido ( $O_2^-$ ) que reacciona con el NO para la formación de peroxinitrito (Gómez *et*

*al.*, 2015), así como la deficiencia en la producción del NO endógeno por parte de las células endoteliales (Ibarra *et al.*, 1995). Sumado a esto, en la disfunción endotelial incrementa en la formación de prostanoïdes vasoconstrictores que contrarrestan los efectos del NO (Ibarra *et al.*, 2006).

Cabe mencionar que el tono vascular no solo está regulado por el NO endotelial, como se pudo observar en este trabajo; el tejido adiposo perivascular también ejerce una participación anti-contráctil importante, donde intervienen diversos mediadores como los receptores Mas y AT2 que tras su estimulación activan la producción de NO (Nóbrega *et al.*, 2019), así mismo, la estimulación de los receptores adrenérgicos  $\beta_3$  localizados en los adipocitos conduce a la activación de las vías de señalización de  $G\alpha$  con un aumento de AMPc y la liberación de NO (Bussey *et al.*, 2018).

En estudios previos, se ha publicado que durante la diabetes se altera la estructura y la ultraestructura de la aorta, incluso previo a los cambios sistémicos (Searls *et al.*, 2012), lo cual concuerda con los datos obtenidos en esta investigación, donde se observa una disminución del grosor de la capa muscular de la aorta, lo que quizá pueda relacionarse con la alteración en la contracción vascular observada en este estudio. Además, las imágenes histológicas mostraron en aortas diabéticas una menor densidad de fibras de matriz extracelular en la capa adventicia, así como la detección de un infiltrado celular. Este infiltrado podría tener características inflamatorias, ya que se ha establecido una conexión entre la disfunción endotelial y la presencia de inflamación local. Esto está respaldado por diversos estudios que han señalado que las células lesionadas liberan mediadores inflamatorios (Theofilis *et al.*, 2021), por lo que estos datos nos llevan a hacer nuevas propuestas de investigación en el campo de la disfunción endotelial.

## Conclusión

El efecto anti-contráctil del óxido nítrico (NO) endotelial en la aorta de ratas diabéticas es menor en respuesta a la estimulación de receptores adrenérgicos con fenilefrina y metoxamina. Por otro lado, con la estimulación de los receptores serotoninérgicos se presenta menor respuesta anti-contráctil mediada por el NO endotelial, lo que sugiere que, durante la diabetes, los mecanismos contrarregulatorios del NO endotelial parecen alterarse dependiendo del tipo de receptor que estimula la contracción de la aorta. Además, esto podría estar relacionado con la reducción de la capa media, la pérdida de la matriz extracelular y el infiltrado celular observado en la arteria aorta.

## Agradecimientos

A los financiamientos otorgados por FESI-PAPCA 2021-2022-26 y COMECYT FICDTEM-2021-058.

## Referencias

- Avogaro, A., Albiero, M., Menegazzo, L., de Kreutzenberg, S., & Fadini, G. P. (2011). Endothelial dysfunction in diabetes. *Diabetes Care*, 34(Supplement\_2), S285–S290. <https://doi.org/10.2337/dc11-s239>
- Bussey, C., Withers, S., Saxton, S., Bodagh, N., Aldous, R., & Heagerty, A. (2018). B3 - Adrenoceptor stimulation of perivascular adipocytes leads to increased fat cell-derived NO and vascular relaxation in small arteries. *British Journal of Pharmacology*, 175(18), 3685-3698. <https://doi.org/10.1111/bph.14433>
- Gómez, Z. J. H., García, M. R., Lázaro, S. M., Ibarra, B. M., Kumate, J., & Cruz, M. (2015). Vascular endothelial function is improved by oral glycine treatment in aged rats. *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, 93(6), 465–473. <https://doi.org/10.1139/cjpp-2014-0393>
- Ibarra, M., Meneses, A., Ransanz, V., Castillo, C., & Hong, E. (1995). Changes in endothelium-dependent vascular responses associated with spontaneous hypertension and age in rats. *Archives of medical research*, 26 Spec No. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8845647/>
- Ibarra, M., López, G. J. J., Mejía, Z. R., & Villalobos, M. R. (2006). Endothelium-dependent inhibition of the contractile response is decreased in aorta from aged and spontaneously hypertensive rats. *Archives of Medical Research*, 37(3), 334–341. <https://doi.org/10.1016/j.arcmed.2005.06.015>

Karasek, D., Spurna, J., Macakova, D., Krystynik, O., & Kucerova, V. (2023). Vascular damage and glycometabolic control in older patients with type 2 diabetes. *Metabolites*, 13(3), 382. <https://doi.org/10.3390/metabo13030382>

Liu, C., Li, X., Fu, J., Chen, K., Liao, Q., Wang, J., Chen, C., Luo, H., Jose, P. A., Yang, Y., Yang, J., & Zeng, C. (2021). Increased AT1 receptor expression mediates vasoconstriction leading to hypertension in *Snx1*<sup>-/-</sup> mice. *Hypertension Research: Official Journal of the Japanese Society of Hypertension*, 44(8), 906–917. <https://doi.org/10.1038/s41440-021-00661-x>

Nóbrega, N., Araújo, N. F., Reis, D., Facine, L. M., Miranda, C. A. S., Mota, G. C., Aires, R. D., Capettini, L. dos S. A., Cruz, J. dos S., & Bonaventura, D. (2019). Hydrogen peroxide and nitric oxide induce anticontractile effect of perivascular adipose tissue via renin angiotensin system activation. *Nitric Oxide: Biology and Chemistry*, 84, 50–59. <https://doi.org/10.1016/j.niox.2018.12.011>

Searls, Y., Smirnova, I. V., VanHoose, L., Fegley, B., Loganathan, R., & Stehno-Bittel, L. (2012). Time-dependent alterations in rat macrovessels with type 1 diabetes. *Experimental Diabetes Research*, 2012, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2012/278620>

Theofilis, P., Sagris, M., Oikonomou, E., Antonopoulos, A. S., Siasos, G., Tsioufis, C., & Tousoulis, D. (2021). Inflammatory mechanisms contributing to endothelial dysfunction. *Biomedicines*, 9(7), 781. <https://doi.org/10.3390/biomedicines9070781>

Victorio, J. A., Fontes, M. T., Rossoni, L. V., & Davel, A. P. (2016). Different anti-contractile function and nitric oxide production of thoracic and abdominal perivascular adipose tissues. *Frontiers in physiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fphys.2016.00295>

Villalobos, M. R., & Ibarra, M. (1996).  $\alpha$ 1-Adrenoceptors mediating contraction in arteries of normotensive and spontaneously hypertensive rats are of the  $\alpha$ 1D or  $\alpha$ 1A subtypes. *European Journal of Pharmacology*, 298(3), 257–263. [https://doi.org/10.1016/0014-2999\(95\)00781-4](https://doi.org/10.1016/0014-2999(95)00781-4)

Villazón, M., Padín, J. F., Cadavid, M. I., Enguix, M. J., Tristán, H., Orallo, F., & Loza, M. I. (2002). Functional characterization of serotonin receptors in rat isolated aorta. *Biological & Pharmaceutical Bulletin*, 25(5), 584–590. <https://doi.org/10.1248/bpb.25.584>

Xu, Q., Zhuo, K., Zhang, X., Zhang, Y., Xue, J., & Zhou, M.-S. (2022). Oxytocin-induced endothelial nitric oxide dependent vasorelaxation and ERK1/2-mediated vasoconstriction in the rat aorta. *The Korean Journal of Physiology & Pharmacology: Official Journal of the Korean Physiological Society and the Korean Society of Pharmacology*, 26(4), 255–262. <https://doi.org/10.4196/kjpp.2022.26.4.255>

## DISEÑO E INSTRUMENTACIÓN DE UNA TORRE DE ABSORCIÓN, PARA ABSORBER EL CO<sub>2</sub> POR MEDIO DE DIETANOLAMINA A NIVEL LABORATORIO

Mario Luis Chew-Hernández<sup>2</sup>, Raúl Gómez Gómez-Tagle<sup>1\*</sup> y Juventino Barojas-Huerta<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco

\*[profetagle@comunidad.unam.mx](mailto:profetagle@comunidad.unam.mx)

### Resumen

La absorción es un fenómeno físico o químico o un proceso en el que los átomos, moléculas o iones entran en alguna fase (líquido, o sólido o gaseoso). Este es un proceso diferente de la adsorción, ya que las moléculas que se absorben son absorbidas por el volumen, no por la superficie (como en el caso de la adsorción). El bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es una sustancia obtenida de la combustión, la cual alarmantemente ha estado aumentando la huella de carbono, esta puede ser convertida en carbono verde, materia prima para industrias (bebidas embotelladas y otras industrias), por lo cual se pretende absorber el bióxido de carbono por medio de una absorción. El proceso de absorción tiene las siguientes finalidades: Recuperar un componente deseado (gaseoso), o eliminar un componente no deseado (gaseoso). Se puede tratar, por ejemplo, de la eliminación de una sustancia nociva de una corriente de gases residuales. Obtención de un líquido, un ejemplo sería la producción de ácido sulfúrico por absorción de anhídrido sulfúrico gaseoso en agua. Otro ejemplo es la eliminación de SO o SO<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub> de las sustancias de hidrocarburos como Gas y Gasolinas, por medio de una DEA (Dietanolamina). En la absorción participan por lo menos tres sustancias, las cuales son el componente gaseoso para separar, el gas portador y el disolvente (absorbente).

El proceso de absorción en los procesos de captura de CO<sub>2</sub> en postcombustión hace uso de la naturaleza reversible de una disolución acuosa alcalina absorbente, por lo general aminas, de una solución ácida o de un gas ácido. Se requiere establecer controles de

las variables del proceso en la operación para Diseñar una Torre de Absorción a nivel Laboratorio y controlar por medio de la instrumentación y control, para el proceso de la absorción CO<sub>2</sub>, por medio de la utilización de una amina.

**Palabras clave:** Bióxido de carbono CO<sub>2</sub>, absorción del CO<sub>2</sub>, diseño de torre de absorción, instrumentación de una torre de absorción, carbono verde, absorción.

## Introducción

En el informe del panel Intergubernamental sobre el cambio Climático (IPCC), los océanos absorben alrededor del 31% de las emisiones de Bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de origen humano, mientras que la vegetación terrestre absorbe alrededor de 24%. Los bosques son los principales sumideros de Carbono a la tierra y se estiman que absorben alrededor de 12 gigatoneladas de Bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) al año (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, 2014), gracias a la fotosíntesis, sin embargo, la capacidad de absorción de Bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) del planeta está disminuyendo a un ritmo acelerado, por la deforestación, la degradación de los ecosistemas, y el cambio climático.

El Bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) es el causante del efecto invernadero, encapsulando el calor de la radiación solar de la atmósfera, y provocando el calentamiento global. Teniendo ya efectos climáticos en el planeta, como el aumento del nivel del mar, el deshielo de los polos, la pérdida de biodiversidad, incendios forestales, por mencionar algunos efectos. De continuar aumentado el nivel de emisiones de Bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), los efectos van a ser mayores, lo que produciría la extinción de especies, la escase de alimentos y agua, llegando a la extinción de los humanos.

Los combustibles fósiles y el gas natural son los principales generadores de Bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Las energías limpias aún no han alcanzado a desarrollar la capacidad de producción de la energía requerida por la humanidad, y la fotosíntesis del fitoplancton y los bosques es cada día menor alarmantemente.

La propuesta del proceso de absorción del Bióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) del aire, por medio de una Torre de Absorción, es una alternativa, para reducir el nivel del Bióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ) y poder producir carbono verde, y otras aplicaciones industriales del Bióxido de Carbono.

La Absorción es un proceso de transferencia de masa, de uno o más componente son transferidos de una fase discreta a otra. Es donde se absorbe un componente o más de una mezcla utilizando un diluyente adecuado llamado absorbente. Estudiar el proceso de transferencia de masa, en la absorción del  $\text{CO}_2$  en el aire, por medio de una sustancia en contradifusión donde se difunde el Bióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), y selección de la sustancia más adecuada. La absorción química utilizando alcoholes forma parte de los procesos más frecuentes usados y de los más eficientes: en el tratamiento del gas se utilizan soluciones acuosas de aminas para remover el Bióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), y el sulfuro de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Los tipos de aminas que se pueden utilizar son los siguientes: Monoetanolamina (MEA), Dietanolamina (DEA), Diisopropanolamina (DIPA), Metildietanolamina (MDEA), y Diglicolamina (DGA) (Erdmann *et al.*, 2012).

La selección de la columna de absorción, las cuales se distinguen tres tipos, de spray, de platos de burbujeo y de lechos empacados. La columna de espray es una torre en donde se alimenta por la parte superior un disolvente en forma de espray, la columna de platos en donde pueden ser los platos perforados, platos de válvulas, y columna empacada. Existen diferentes clases de empaques como anillos Racing, sillas Berl, anillos Pall, montura Intalux, los cuales puede ser de diferentes materiales cerámicos, metálicos o plásticos.

El diseño de una columna de absorción se basa en estos principios básicos. Las bases del diseño es determinar la altura y el número de etapas teóricas de la columna necesarios para lograr la separación deseada.

La construcción de un prototipo de torre de absorción a nivel laboratorio, donde se estudia el comportamiento del proceso de absorción del bióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y sus variables a fin de determinar las condiciones a controlar por medio de la instrumentación.

## Objetivo

Diseñar y proporcionar los elementos para instrumentar un Torre de absorción, para absorber o eliminar el CO<sub>2</sub> utilizando dietanolamina en un prototipo a nivel laboratorio.

Objetivos específicos: Diseño de una columna de Absorción; Determinar los Balances de Masa, Transferencia de Masa; Definir las bases para instrumentar la columna de absorción, variable medida y variable controlada.

## Materiales y métodos

Software Coco-Chemset

Sustancias

- Aire
- Bióxido de Carbono
- Dietanolamina
- Agua

La transferencia de masa enuncia una ecuación para el diseño

$$\int_1^2 dA = \int_1^2 \frac{D(Vca)}{K(ca-ca^*)} = \int_1^2 \frac{d(Lca)}{K(ca-ca^*)}$$

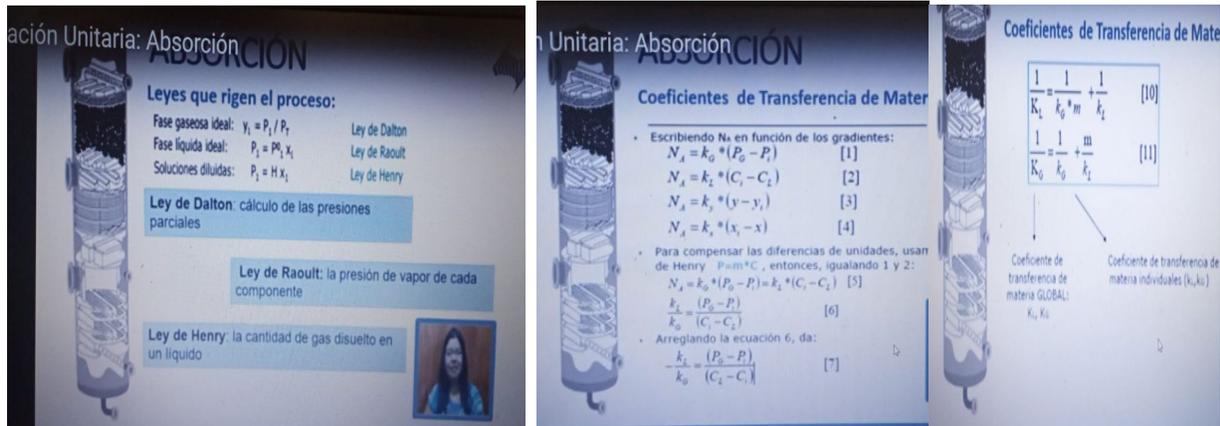
V= proporción de flujo volumétrico de la fase V en Lt/ min

L = proporción volumétrica de la fase L en lt/min

Ca= la concentración del soluto o sustancia a transferir , en kgmol/m<sup>3</sup>

K es el coeficiente de transferencia de masa en kgmol/ h It (Foust, 1982).

El proceso utiliza las leyes de Dalton, Raoult, Henry y se estudia el equilibrio.



(a)

(b)

(c)



(d)

Figura 1. (a) Ley de Raoult, Dalton, Henry  
(b) Las relaciones del flujo molar con los coeficientes de transferencia  
(c) Relaciones coeficientes de transferencia de la fase líquida y gaseosa,  
(d) Gráficas del equilibrio en la transferencia  
(Welty *et al.*, 2008; Glaymar *et al.*, 2016).

De acuerdo con la literatura técnica, se procede a simular con Chemset.

Selección de componentes, y la operación columna simple de 10 platos.

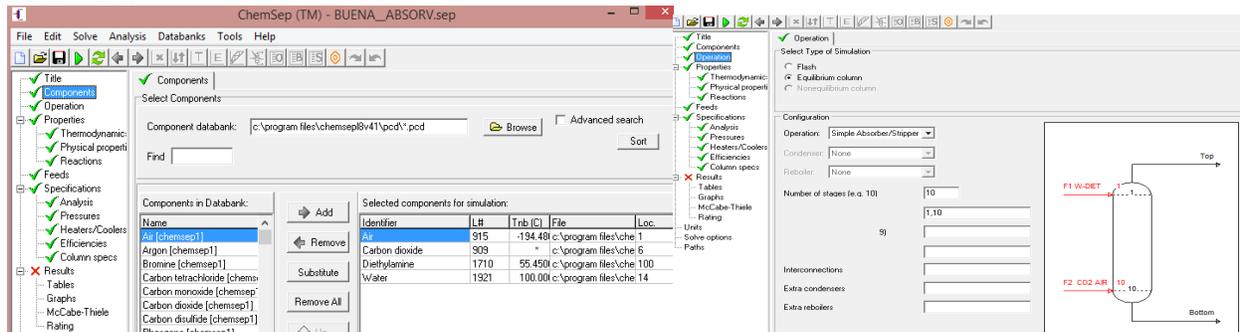


Figura 2. (e)

(f)

Selección de la termodinámica y se cargan los datos de equilibrio con ley de Henry.

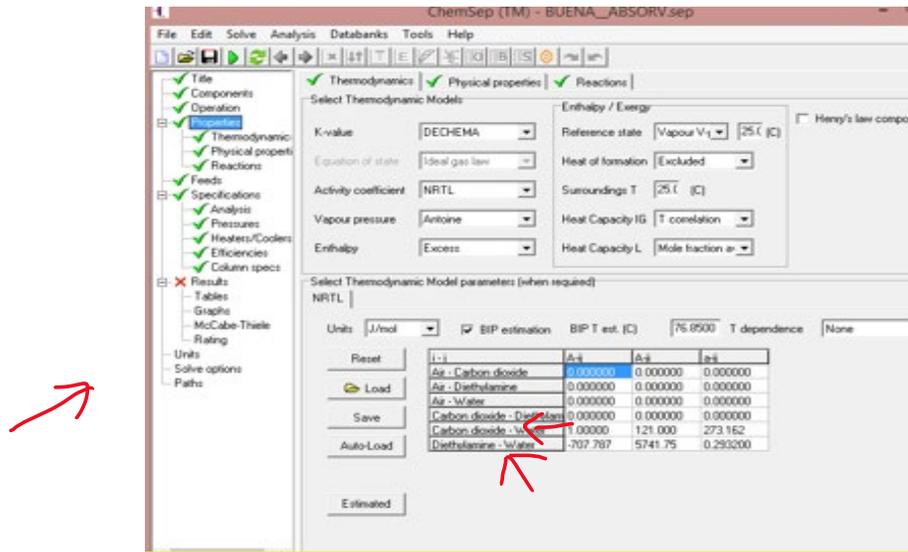


Figura 3. (g) selección de Termodinámica

Se cargan datos de las corrientes.

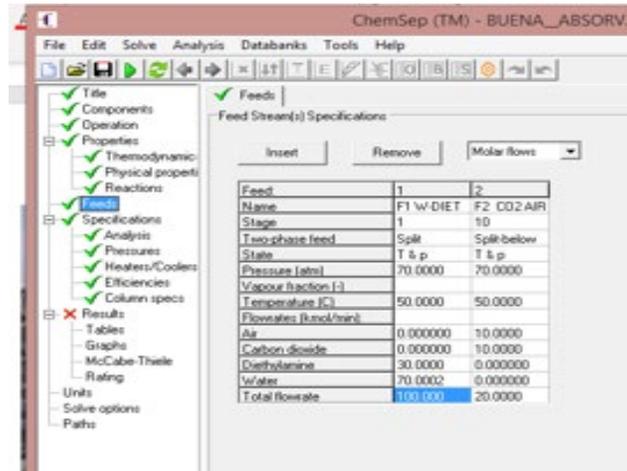


Figura 4. (h) condiciones de entrada

Se cargan datos y se maneja la presión de en la columna de 70 atm y se corre la simulación, nos da los datos de salida y graficas del comportamiento.

Stream	F1 W-DIET	F2 CO2 AI	V.F2 CO2	L.F2 CO2	Top	Bottom
Stage	1	10	10	10	1	10
Pressure (atm)	70.0000	70.0000	70.0000	70.0000	70.0000	70.0000
Vapour fraction (-)	0.000000	0.600000	1.00000	0.000000	1.00000	0.000000
Temperature (C)	35.0000	1.95135	1.95135	1.95135	36.5333	31.0480
Enthalpy (J/kmol)	-3.893E+07	-4.516E+06			337847	-3.155E+07
Entropy (J/kmol/K)	-83997.2	-48023.2			-35153.1	-74514.1
Total molar flow (kmol/min)	100.000	15.0000	9.00001	6.00001	2.3418E-17	124.160
Total mass flow (kg/min)	3455.16	584.891	326.354	258.536	6.8122E-16	4306.52
Vapour std.vol.Flow (m3/s)						
Liquid std.vol.Flow (m3/s)						
Mole flows (kmol/min)						
Air	0.000000	5.00000	4.63334	0.366662	2.3330E-17	14.1257
Carbon dioxide	0.000000	10.0000	4.36668	5.63334	7.5330E-32	10.0000
Diethylamine	30.0000	0.000000	0.000000	0.000000	7.2270E-20	30.0283
Water	70.0002	0.000000	0.000000	0.000000	1.6026E-20	70.0065
Mole fractions (-)						
Air	0.000000	0.333333	0.514814	0.0611103	0.996230	0.113770
Carbon dioxide	0.000000	0.666667	0.485186	0.938890	3.2166E-15	0.0805411
Diethylamine	0.299999	0.000000	0.000000	0.000000	0.00308602	0.241850
Water	0.700001	0.000000	0.000000	0.000000	6.8432E-04	0.563838
Mass flows (kg/min)						
Air	0.000000	144.800	134.181	10.6185	6.7565E-16	409.082
Carbon dioxide	0.000000	440.091	192.173	247.918	3.3152E-30	440.091
Diethylamine	2194.11	0.000000	0.000000	0.000000	5.2856E-18	2196.18
Water	1261.05	0.000000	0.000000	0.000000	2.8871E-19	1261.17
Mass fractions (-)						
Air	0.000000	0.247567	0.411152	0.0410717	0.991817	0.0949913
Carbon dioxide	0.000000	0.752433	0.588848	0.958928	4.8665E-15	0.102192
Diethylamine	0.635023	0.000000	0.000000	0.000000	0.00775906	0.509966
Water	0.364976	0.000000	0.000000	0.000000	4.2381E-04	0.292851
Combined feed and product f						
Total molar	0.869565	0.130435	0.130435	0.130435	2.0364E-19	1.07965

Figura 5. (i) Tabla de corrientes.

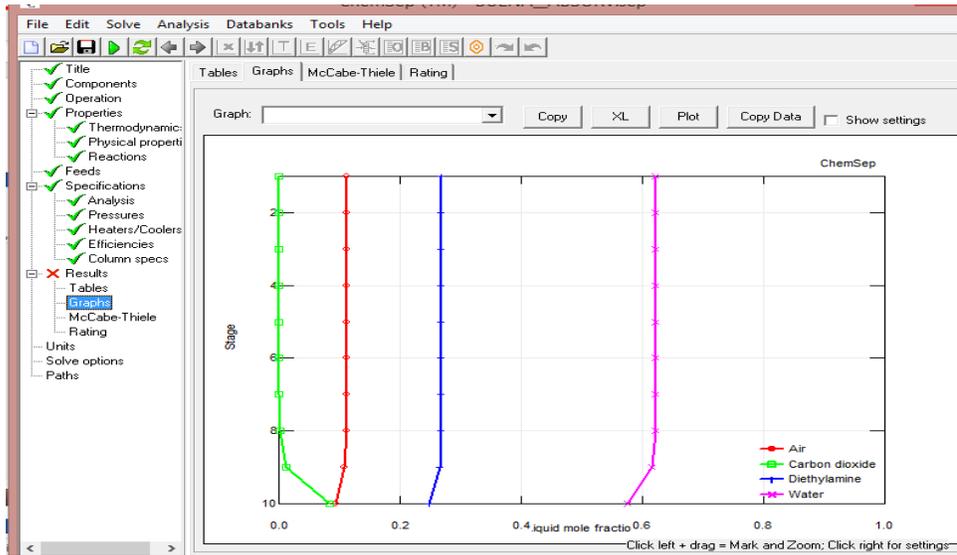


Figura 6. (j) Gráficas de transferencia de masa comportamiento. Figuras e, f, g, h, i, j capturas de del simulador chemset, (Gómez *et al.*, 2023).

## Resultados

La Figura 7 se observa la corriente de la absorción de Bióxido de carbono y aire prácticamente en su totalidad. Por lo que el proceso es eficiente.

Stream	F1 W-DIET	F2 CO2 AI	V.F2 CO2	L.F2 CO2	Top	Bottom
Stage	1	10	10	10	1	10
Pressure (atm)	70.0000	70.0000	70.0000	70.0000	70.0000	70.0000
Vapour fraction (-)	0.000000	0.600000	1.00000	0.000000	1.00000	0.000000
Temperature (C)	35.0000	1.95135	1.95135	1.95135	36.5333	31.0480
Enthalpy (J/kmol)	-3.853E+07	-4.516E+06			337847	-3.155E+07
Entropy (J/kmol/K)	-83997.2	-48023.2			-35153.1	-74514.1
Total molar flow (kmol/min)	100.000	15.0000	9.00001	6.00001	2.3418E-17	124.160
Total mass flow (kg/min)	3455.16	584.891	326.354	258.536	6.8122E-16	4306.52
Vapour std.vol.flow (m3/s)	=	=	=	=	=	=
Liquid std.vol.flow (m3/s)	=	=	=	=	=	=
Mole flows (kmol/min)						
Air	0.000000	5.00000	4.63334	0.366662	2.3330E-17	14.1257
Carbon dioxide	0.000000	10.0000	4.36668	5.63334	7.5330E-32	10.0000
Diethylamine	30.0000	0.000000	0.000000	0.000000	7.2270E-20	30.0283
Water	70.0002	0.000000	0.000000	0.000000	1.6026E-20	70.0065
Mole fractions (-)						
Air	0.000000	0.333333	0.514814	0.0611103	0.996230	0.113770
Carbon dioxide	0.000000	0.666667	0.485186	0.938890	3.2166E-15	0.0805411
Diethylamine	0.299999	0.000000	0.000000	0.000000	0.00308602	0.241850
Water	0.700001	0.000000	0.000000	0.000000	6.8432E-04	0.563838
Mass flows (kg/min)						
Air	0.000000	144.800	134.181	10.6185	6.7565E-16	409.082
Carbon dioxide	0.000000	440.091	192.173	247.918	3.3152E-30	440.091
Diethylamine	2194.11	0.000000	0.000000	0.000000	5.2856E-18	2196.18
Water	1261.05	0.000000	0.000000	0.000000	2.8871E-19	1261.17
Mass fractions (-)						
Air	0.000000	0.247567	0.411152	0.0410717	0.991817	0.0949913
Carbon dioxide	0.000000	0.752433	0.588848	0.958928	4.8665E-15	0.102192
Diethylamine	0.635023	0.000000	0.000000	0.000000	0.00775906	0.509966
Water	0.364976	0.000000	0.000000	0.000000	4.2381E-04	0.292851
Combined feed and product f						
Total molar	0.869565	0.130435	0.130435	0.130435	2.0364E-19	1.07965

Figura 7. Eficiencia en la absorción de Bióxido de carbono y aire.

## Discusión

A presiones bajas 1 o 2 atm y temperaturas mayores de 85 °C, resulta muy difícil la absorción, por lo que se determinó elevar la presión 70 atm.

La presión de 70 atm y temperaturas de 30-35 °C, son las más adecuadas,

Siendo la corriente de Dietanolamina-agua a 30%, 30 kg mol/min de Dietanolamina, 70 kg mol/min de agua, a una temperatura de 35 °C, y presión de 70 atm y la corriente de CO<sub>2</sub> -aire de 10 y 5 kg mol/min respectivamente a una temperatura de entrada de 1.95 °C y 70 atm, obteniéndose en el domo restos y absorbiendo la corriente Dietanolamina-agua el Bióxido de carbono y el aire, prácticamente en su totalidad. Se puede llevar a cabo la absorción y por un proceso inverso (desorción) se purifica la dietanolamina, con lo cual se puede canalizar el Bióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>) °C, inyectando al subsuelo y generar el carbono verde.

## Conclusión

Gracias a la simulación de la columna de Absorción, se pudo observar que se requieren presiones de más de 65 atm para llevar a cabo la absorción, y se requieren temperaturas que pueden oscilar entre los 30 a 70 °C, recomendable sobre 35 °C, y las variables a controlar son los flujos de alimentación. A menor temperatura mayor absorción del CO<sub>2</sub>. Por lo que se requiere controlar presión, temperatura, flujos de alimentación siendo la variable medida el flujo de la mezcla Dietanolamina-Agua y la variable controlada la mezcla Aire-Bióxido de Carbono.

## Agradecimientos

Agradecemos a Chemseo.org, gracias a su simulador libre se pueden llevar a cabo la simulación del proceso y visualizar procesos que no pueden ser posible llevarlos a cabo en un pequeño laboratorio. Agradezco a mis alumnos Juan Jesús Uranga Ramírez, Laura Ahislin Vargas Ugalde, Vanessa Dorantes González, por su valiosa colaboración. A los

doctores José Luis Ruiz, Eligio Pastor Rivera de la FESC, UNAM por todas sus aportaciones. Al Tecnológico de Estudios Superiores de Coacalco y a la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán.

## Referencias

Foust, A. A., Wensel L. A., Clump C.W., Maus, L., Andersen L. B. (1982). Principios De Operaciones Unitarias, Cia Ed. Continental, S.A. de C.V., México. 14ª impresión.

Geankoplis, C. (1978). Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias, Editorial Continental, S.A. de C.V., México, 3ª impresión 1988.

Glaymar, Hernández, Jimenez, Maury. (2016). Operaciones Unitarias: Absorción, youtube.com, <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=fxo2S2fdqhM>

Ocón, G. J., Tojo B. G. (1970). Problemas de Ingeniería Química TII Ed. Aguilar.

Rueda, M. J., Gutiérrez O, F.J. (2018), Diseño de la Columna de Absorción y sus auxiliares en una planta de desulfuración de gases de combustión, Dpto. Ingeniería Química y Ambiental de la Escuela Superior de Ingeniería, Sevilla, España.

Salazar, P. A. (2012). Estudio y Selección de Material Empaque Estructurado: Metálico, Polimérico o Cerámico, para Operar Eficientemente una Columna de Absorción de Gases Contaminantes Provenientes de Hornos Tabiqueros, Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Química.

Welty, J. R., Wicks C. E., Wilson, R. E., Rorrer, G. L. (2008). Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer, 5ª Ed. Ed. Willey, cap 29, pag 551 a 563.

## ESTADO DEL ARTE DEL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR

Cristel Ximena Cortés-Valadez\*, Rosa Guadalupe Valadez-Olguín y María Teresa  
Mosqueda-Moreno

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán*

\*[ximena.cortes@cuautitlan.unam.mx](mailto:ximena.cortes@cuautitlan.unam.mx)

### Resumen

La inteligencia artificial (IA) en la educación no es un tema nuevo, se cree que con el lanzamiento del Chat GPT se inició una era del uso de esta en la educación, la cual busca revolucionar el contexto del docente y del estudiante en todas sus implicaciones, llámese proceso de enseñanza – aprendizaje, evaluación, trayectoria escolar, tutoría, etcétera. Esta IA se ha venido desarrollando desde antes de la Segunda Guerra Mundial con el diseño de inteligencia para descifrar códigos enviados por las tropas de diversos países para notificar a sus aliados por medio de códigos, los ataques que se llevarían a cabo. Dicho desarrollo se había mantenido en un perfil bajo, pero con el lanzamiento libre del Chat GPT a finales de diciembre del 2022, se disparó el uso y aplicación en múltiples sectores, siendo el educativo el más sobresaliente. El presente artículo tiene la finalidad de acercarnos al estado del arte del uso de la IA en la educación superior desde su publicación y hasta la actualidad. De igual manera, se abordan algunos retos y desafíos a los que nos enfrentamos al emplear la IA en la educación superior y en especial el Chat GPT con fines de uso académico, administrativo y profesional. Para el presente trabajo del estado del arte, se tomaron en cuenta diversos artículos de varias revistas arbitradas que ayudaron a identificar las diferentes formas en las que se ha empleado la IA en la educación superior y el impacto que poco a poco ha venido teniendo en la vida universitaria.

**Palabras clave:** Inteligencia artificial, Investigación, Educación superior, Chat GPT, impacto educativo, desafíos.

## Introducción

La Inteligencia Artificial (IA) en la educación superior es un tema que se ha venido desarrollando desde 1937, con la visión más moderna de Turing respecto a cómo el razonamiento y los cálculos inteligentes podrían formalizarse en máquinas inteligentes. Más tarde, Turing (1950) desarrolló sus ideas en el artículo llamado “Computing machinery e Inteligencia”, este artículo se ha convertido en la base de la IA moderna, (Castelfranchi y Turing’s, 2013), aunque el término IA no se acuñó hasta 1956, dos años después de la muerte de Turing, por McCarthy *et al.* (2006) para el Proyecto de Investigación de Verano de Dartmouth sobre Inteligencia Artificial.

Esta visión de Turing respecto a cómo la IA podría ayudar a atender problemas complejos y hacer cálculos inteligentes, fue el primer acercamiento al empleo de la IA en la educación. A continuación, se comparten diversas investigaciones que exponen las experiencias que se han tenido a lo largo de los años en la implementación de otras formas de la IA en la educación y cómo se han venido desarrollando, sobre todo tomando en cuenta el impacto que ha tenido a nivel académico y administrativo.

Cabe mencionar que para el estado del arte del presente escrito se tomaron como referencia diversos artículos encontrados en revistas como Redalyc, Eric, EBSCOhost, Springer, Elsevier, que permitieron tener una visión más amplia sobre el tema.

De igual manera, se hará un cierre comentando brevemente algunos desafíos que enfrentamos como docentes y administrativos con el uso de la IA en la educación y administración escolar.

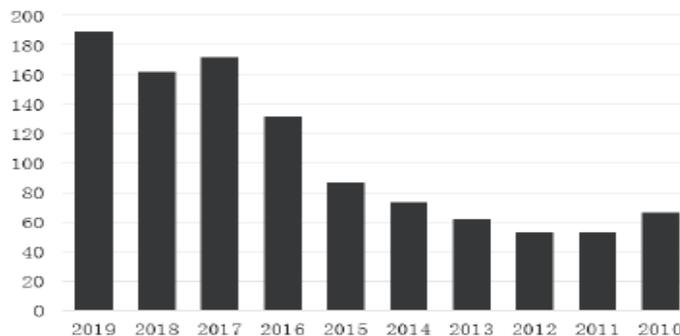
Exponer de forma precisa algunas aportaciones de diversos autores respecto al uso de la Inteligencia Artificial en la educación y el impacto que ha tenido tanto a nivel educativo como administrativo.

### **Desarrollo del tema**

La IA se ha implementado a lo largo de los años en diversos sectores, en este sentido nos enfocaremos en el educativo y administrativo, ya que han tenido un gran impacto sobre todo para coadyuvar en la simplificación de los procesos, como por ejemplo, en las calificaciones de los exámenes de selección en la educación superior y media superior, en el diseño y evaluación de pruebas para evaluar conocimientos; de igual manera, para el uso de simuladores experimentales, aplicaciones de celular y tabletas que facilitan nuestras actividades diarias.

Dentro del sector educativo se ha incrementado la aplicación de la inteligencia artificial, yendo más allá de la comprensión convencional como una supercomputadora que incluye sistemas informáticos integrados. Por ejemplo, hoy en día se conoce a los cobots (robots colaborativos), y equipos de apoyo que permiten la creación de robots que mejoran la experiencia de aprendizaje del estudiante desde la unidad educativa más básica (Lijia *et al.*, 2020).

La aplicación de algoritmos y sistemas de IA en la educación están ganando mayor interés año tras año. En La Figura 1 se muestra el creciente número de artículos publicados sobre los temas de "IA" y "Educación con IA" recuperados de Web of Science y Google Scholar desde 2010. Se debe tomar en cuenta que los artículos publicados entre el 2015 y el 2019, representaron una gran proporción, es decir, el 70% de todos los trabajos indexados. A medida que evoluciona la educación, los investigadores tratan de aplicar técnicas avanzadas de IA, es decir, aprendizaje profundo, minería de datos para tratar problemas complejos y personalizar el método de enseñanza (Lijia *et al.*, 2020).



**FIGURE 1.** Papers in Web of Science and Google Scholar in the last ten year with key words "AI" and "Education".

**Figura 1. Número de artículos publicados entre los años 2015-2019 (Lijia *et al.*, 2020).**

Lijia *et al.* (2020) mencionaron que la inteligencia artificial en el sistema educativo en general consiste en enseñar contenidos, datos y algoritmos inteligentes, que se pueden dividir en dos partes, es decir, el modelo de sistemas que consiste en el modelo de aprendizaje, el modelo de enseñanza, el modelo del conocimiento, y el de las tecnologías inteligentes los cuales, se desarrollan a continuación tomando como referencia al citado autor.

### 1) MODELO EDUCATIVO CON IA

En el modelo del sistema de aprendizaje de IA, es fundamental para mejorar las capacidades de aprendizaje independiente del estudiante. Este se establece con base en los datos de comportamiento de los alumnos generados a partir de sus resultados de sus aprendizajes. Se analiza el pensamiento y la capacidad de los alumnos para evaluar sus habilidades de aprendizaje, entonces el análisis del conocimiento es mapeado para obtener el dominio del conocimiento de los estudiantes. Posteriormente, el modelo del sistema de aprendizaje establece conexiones entre los resultados del aprendizaje y varios factores, incluyendo materiales de aprendizaje, recursos y comportamientos de enseñanza.

## 2) TECNOLOGÍAS EDUCATIVAS INTELIGENTES

El aprendizaje automático, el análisis del aprendizaje y la minería de datos son tecnologías estrechamente relacionadas con la educación. En la actualidad, dos comunidades han evolucionado sobre la base de análisis del aprendizaje y de la minería de datos educativos. Se superponen en objetivos y técnicas y se benefician de una variedad de disciplinas, incluyendo el aprendizaje automático, minería de datos, psicometría de las estadísticas, y modelado de datos.

## 3) APRENDIZAJE AUTOMÁTICO

El núcleo del aprendizaje automático es el del descubrimiento del conocimiento, el proceso de análisis basado en un conjunto de datos de muestreo conocido como “datos de entrenamiento”, el cual tiene como objetivo generar patrones significativos y una estructura de conocimiento. Por ejemplo, el aprendizaje automático puede ayudar a crear recomendaciones para los estudiantes a medida que seleccionan sus clases, incluso elegir universidades a partir de cierta codificación de la IA.

La tecnología puede ayudar a los instructores o docentes a obtener una comprensión de cómo el material del curso está siendo interiorizado por los estudiantes (Kucak *et al.*, 2018). De esta manera, los instructores o docentes pueden ajustar el método de enseñanza para que los alumnos o estudiantes logren los aprendizajes esperados, lo anterior se realiza basado en los registros acumulados de los estudiantes.

## 4) ANÁLISIS DEL APRENDIZAJE

Respecto del análisis del aprendizaje, este se logra mediante el estudio de los datos de las características de estudiantes en cuanto a conocimientos y aprendizajes alcanzados. El concepto de análisis de aprendizaje introduce a una nueva tecnología, es decir, al aprendizaje automático y coincidiendo con Lijia *et al.* (2020) señalaron que, en un aprendizaje basado en competencias, así como, el análisis del aprendizaje ofrece una capacidad versátil de la IA para aprender, de tal manera que el poder analizar el impacto

de los recursos empleados para el aprendizaje resulta ser de gran importancia para la educación.

Con respecto a los problemas de deserción, la IA puede considerar varios parámetros para clasificar a los estudiantes con probabilidad de deserción, generando sistemas de alerta temprana y datos procesables para las instituciones, a partir de recabar y analizar la información que arrojen las características de los mismos estudiantes.

El primer desafío para el análisis del aprendizaje es salir de la zona de confort hacia un alcance más amplio, que incluya habilidades interpersonales, artes, literatura, entre otros, que planten un nuevo nivel de complejidad en términos de medición y evaluación de las competencias o los resultados del aprendizaje.

Otro desafío para el análisis del aprendizaje es aplicarse en contextos de aprendizaje específicos, pero al mismo tiempo debe ser lo suficientemente general para ser utilizado en diferentes cursos e instituciones. El análisis del aprendizaje se utilizará cada vez más e integrará técnicas avanzadas para apoyar el aprendizaje de estudiantes, instructores, administradores e instituciones.

## 5) MINERÍA DE DATOS

La minería de datos educativos trata de generar información sistemática y respuestas automáticas a los alumnos. Estos datos están basados en la IA, la minería tiene como objetivo desarrollar reglas de asociación inherentes, y de esta manera ofrecer objetos de conocimiento a los estudiantes para conocer sus necesidades.

En cuanto a lo administrativo, Lijia *et al.* (2020) acotaron que la IA ha mejorado en las tareas administrativas al hacer un desempeño más eficiente, tales como, revisar el trabajo de los estudiantes, calificar y proporcionar retroalimentación sobre las tareas a través de la automatización usando plataformas basadas en web o programas informáticos. Otras áreas en que la IA se ha aplicado en el sector de la educación incluyen currículo y desarrollo de contenido, e instrucciones que aprovechan tecnologías como la realidad virtual, plataformas basadas en web, robótica, videoconferencia, archivos audiovisuales

y tecnología 3-D, que han hecho posible que los estudiantes aprendan mejor. Los maestros son más efectivos y eficientes y los estudiantes tienen un aprendizaje personalizado y más enriquecedor.

Sharma *et al.* (2019), mencionaron que se observó que la IA en la educación también se ha empleado en los procesos de la tutoría llamada “tutoría inteligente” y otros sistemas que mejoran la calidad de los procesos administrativos, de instrucciones y desde luego del aprendizaje.

Otro autor, Pokrivcakova (2019), observó que en la educación la IA toma la forma de sistemas inteligentes con capacidades adaptativas. Estos principios y características de los sistemas inteligentes permiten que la IA en la educación realice una amplia gama de tareas realizadas tradicional o convencionalmente por los instructores, mientras que al mismo tiempo mejora la experiencia de los estudiantes.

En otro artículo, Mikropoulos y Natsis (2011), describieron otro aspecto de la IA en relación con las instrucciones, a la realidad virtual (VR) y a la tecnología de dimensión tres D (3-D), observando que VR presenta inmensas oportunidades para el proceso de aprendizaje, integración de simulación y tecnología 3-D porque permite la simulación y brinda a los alumnos la oportunidad de experimentar aprendiendo.

Continuando con Lijia *et al.* (2020), consideraron que la IA fomentará potencialmente un mejor acceso al aprendizaje, automatizando la gestión y funciones administrativas en instituciones académicas, y optimizando las instrucciones y el aprendizaje, así como fomentar la comprensión empírica o decisiones e iniciativas en educación basadas en evidencia. Como plataforma virtual, puede crear un mejor ambiente para instructores y estudiantes. Así mismo, la IA se puede emplear como una herramienta para calificar exámenes y liberar el tiempo del maestro. Además, ayuda a los estudiantes a navegar a través de diferentes caminos de contenido, y a personalizar su aprendizaje de acuerdo con sus fortalezas y debilidades de cada estudiante.

Por otro lado, Timms (2016) analizó varias aplicaciones de la IA la cual puede ser vista como una herramienta pedagógica que, mediante el apoyo de unas plataformas educativas, se programan instrucciones basadas en simulación, que incluyen el uso de diferentes tecnologías, como la realidad virtual para demostrar o mostrar conceptos de los estudiantes o demostrar materiales de manera práctica, dando a los estudiantes una experiencia de aprendizaje experiencial o práctica.

Continuando con Timms (2016), destacó que otra forma clave de la aplicación de la IA en la educación, es el desarrollo y uso de robots como asistentes de maestros y compañeros, cobots (robots colaborativos), que se pueden utilizar para realizar tareas básicas, incluso tareas de enseñanza avanzada, como enseñar a los estudiantes a leer y pronunciar palabras.

Por otro lado, Mikropoulos (2011), mencionó que una forma importante en la que se ha aplicado la IA para mejorar el aprendizaje de los estudiantes es la personalización del plan de estudios y el contenido de acuerdo con las necesidades de los alumnos, sus habilidades y capacidades. Los sistemas de inteligencia artificial ayudarían a los instructores a analizar el plan de estudios y el curso, así como el material para proponer contenidos personalizados (M. Chassignol *et al.*, 2018). Estos sistemas también pueden generar y calificar exámenes después de analizarlos.

Por otro lado, el uso de la AI en el aprendizaje automático permite tener una mejor experiencia de aprendizaje por parte de los estudiantes, porque se utiliza para evaluar capacidades y necesidades, y posteriormente, desarrollar y difundir información personalizada o de contenido personalizado, para hacerla llegar al estudiante lo que garantiza una mayor aceptación y la retención, mejorando así el aprendizaje.

Lijia *et al.* (2020) mencionaron que trabajar con IA o con diferentes formas de la IA como la basada en la web y los sistemas en línea, tales como los cobots y chatbots, los maestros pueden lograr mejoras en la calidad de la instrucción.

Finalmente, la IA proporciona a los estudiantes conocimientos prácticos o experienciales, particularmente cuando se usan junto con otras tecnologías, como realidad virtual, 3-D, juegos y simulación, mejorando así las experiencias de aprendizaje de los estudiantes.

## Conclusión

La literatura revisada nos da un panorama general de los beneficios que ha tenido el uso de la IA en la educación, pero también hay que tener en cuenta que tiene sus limitantes, sobre todo con el uso del ChatGPT, ya que como comenta Crowe (2017) en su estudio, observó que la IA puede fomentar la deshonestidad y poner en peligro la integridad académica porque puede facilitar o permitir que los estudiantes usen indiscriminadamente estos recursos.

En este sentido, es de suma relevancia el hecho de enseñar a usar la IA en la educación con responsabilidad ético y social, específicamente hablando, del ChatGPT en sus diversas formas (escrita y auditiva), ya que puede ser usada de manera indiscriminada y deshonesto como de propia autoría cuando no lo es.

Consideramos que es un recurso útil que puede ser visto como una extensión más de las herramientas o recursos tecnológicos que el docente tienen a su alcance para enriquecer y fortalecer la práctica docente, dichas herramientas deben ser empleadas para la formación del alumno. Otro aspecto relevante es enseñar al alumno el uso de la IA de manera crítica y fundamentada para fortalecer sus aprendizajes.

Creemos que podría ser una buena opción enseñar al alumno a definir de manera adecuada el lenguaje y solicitud de la información a la aplicación que se esté usando, ya que se requiere una entrada de información a lo que se le denomina “Prompt”, la cual debe ser muy específica, pues mientras más lo sea, el resultado de la búsqueda de texto, imagen, video será más precisa.

Debe resaltarse el uso de la aplicación de la IA en la labor de estudiantes y de la docencia, respectivamente, para fortalecer sus procesos de enseñanza-aprendizaje y del

desarrollo del pensamiento, reiterando que el uso del ChatGPT, debe ser apegado a las cuestiones de ética señaladas por la Universidad.

## Agradecimientos

Se agradece de forma puntual a la Comunidad de Técnicos Académicos de la Facultad la oportunidad de centrar este trabajo en el estado del arte del uso de la IA en la educación y no específicamente en el Chat GPT, ya que el tener una visión general del impacto que se ha tenido a nivel mundial del uso de la IA en la educación nos acerca de alguna manera al tema que en un futuro congreso se pretende abarcar con una aplicación más precisa y desarrollado de manera práctica en la actividad docente para identificar el verdadero impacto del uso de dicho software en la educación de nuestros estudiantes.

## Referencias

Castelfranchi, C. A. T.. (2013). Computing machinery and intelligence. *Topoi*, 32(2), 293-299. <https://doi.org/10.1007/s11245-013-9182-y>.

Chassignol, M., Khoroshavin, A., Klimova, A., & Bilyatdinova, A. (2018). Artificial intelligence trends in education: A narrative overview," *Procedia Comput. Sci.*, 136. 16-24.

Crowe, D., LaPierre M., & Kebritchi M., (2017). *Knowledge based artificial augmentation intelligence technology: Next step in academic instructional tools for distance learning*. <https://eric.ed.gov/?id=EJ1152628>

Kucak, D., Juricic, V., & Dambic, G. (2018). Machine learning in education-a survey of current research trends. *En 29TH DAAAM INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTELLIGENT MANUFACTURING AND AUTOMATION. Proc. 29th Int. DAAAM Symp.*, 2018, pp. 406\_410.uc. Technol. Soc., 7(4). 29-39.

Lijia, Ch., Pingping, Ch., & Zhijian L. (2020), Artificial Intelligence in Education: A Review. Digital Object Identifier 10.1109/ACCESS.2020.2988510

<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=9069875>

McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., & Shannon, C. E. (2006). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence, August 31, 1955. *AI Magazine*, 27(4), 12. <https://doi.org/10.1609/aimag.v27i4.1904>

Mikropoulos, T. & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999\_2009). *Comput. Edu.*, 56(3). 769-780.

Morita, T., Akashiba, S., Nishimoto, C., Takahashi, N., Kukihara, R., Kuwayama, M., & Yamaguchi, T., (2018). A practical teacher–robot collaboration lesson application based on PRINTEPS. *The Review of Socionetwork Strategies*, 12(1). 97–126. <https://doi.org/10.1007/s12626-018-0021-x>.

Phobun, P. & V. J., (2010). Adaptive intelligent tutoring systems for e-learning Systems. *Procedia-Social Behav. Sci.*, 2(2). 4064-4069.

Pokrivcakova, S. (2019). Preparing teachers for the application of AI-powered technologies in foreign language education. *Journal of Language and Cultural Education*, 7. 135-153. <https://doi.org/10.2478/jolace-2019-0025>

Sharma, R. C., Kawachi, P., & Bozkurt, A. (2019). The Landscape of Artificial Intelligence in Open, Online and Distance Education: Promises and concerns. *Asian Journal of Distance Education*, 14(2), 1-2. Retrieved from <https://www.asianjde.com/ojs/index.php/AsianJDE/article/view/432>

Timms M. J. (2016). Letting artificial intelligence in education out of the box: Educational cobots and smart classrooms. *Int. J. Artif. Intell. Edu.*, 26(2). 701-712.

Turing, A. M. (1950). Computing machinery and intelligence. *Mind*, 59, 443-460.

## USO DE API PARA EL ANÁLISIS DE CITAS EN LAS BIBLIOTECAS DE LA FES CUAUTITLÁN UNAM

José Luis Garza-Rivera<sup>1\*</sup>, Angélica Espinoza-Godínez<sup>2</sup>, Jessica Annabel Páez-Arancibia<sup>1</sup> y Margarita Micaela Zapata-Guerrero<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Coordinación de Bibliotecas y Hemerotecas*

<sup>2</sup>*Centro de Tecnologías en Cómputo y Comunicación  
Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.*

[\\*jlgr@unam.mx](mailto:*jlgr@unam.mx)

### Resumen

Uno de los requerimientos habituales, de la comunidad académica y de posgrado, al personal académico de las bibliotecas y centros documentales, es el análisis de citas de sus publicaciones. La petición se deriva de las solicitudes de estos análisis, por parte de los consejos de ciencia, tecnología y humanidades, quienes utilizan esta información como un elemento para la medición de la productividad académica de aquellos que desean acceder a los programas de apoyo a la investigación y sistemas de becas. Para el análisis de citas, el personal bibliotecario cuenta con la formación y las herramientas que permiten obtener la información necesaria, sin embargo, cuando la persona de quien se hace el análisis de citas cuenta con un número considerable de publicaciones o citas, el proceso se vuelve complejo y puede requerir de muchas validaciones, limpieza de datos y tiempo. El objetivo de este trabajo es complementar los procedimientos habituales, que se realizan mediante las plataformas de los proveedores de información para la búsqueda de las publicaciones y sus citas, así como gestores de referencia, con el uso de interfaces de desarrollo de aplicaciones (API). Para este desarrollo, la plataforma usada junto con su portal y API fue Scopus de Elsevier, mediante el lenguaje de programación Python y las bibliotecas de uso libre PyScopus y PyBibliometrics. El manejo de los resultados se efectuó con el gestor de referencias Mendeley, también de Elsevier, en sus versiones de cliente para PC y Web. Las aplicaciones resultantes

permiten obtener los datos de forma más rápida y precisa, lo que mejora el procedimiento y facilita la verificación de la información obtenida.

**Palabras clave:** Programación de aplicaciones, gestores de referencias, métricas de publicación, Python, bibliotecas universitarias.

## Introducción

El análisis de citas es una herramienta que tiene varios usos, uno de ellos es como elemento en la medición de la productividad académica de quienes escriben artículos científicos, las instituciones donde se desenvuelven o los campos del conocimiento en los que trabajan, incluso se puede utilizar para estimar la productividad académica por país.

El análisis de citas, como parte de la bibliometría que es la aplicación de métodos cuantitativos para estudiar los recursos de información, se refiere al estudio de las frecuencias y patrón de las citas en libros y revistas (Richard & Rachel, 2020).

Cuando los autores citan un trabajo dentro del propio, además de indicar la autoría de una idea, concepto o texto creado por alguien más, establecen que el texto citado influyó en mayor o menor medida sobre el documento que está presentando (Cañedo 1999; Miguel *et al.*, 2007).

El que los trabajos de una persona sean referenciados por otras personas autoras, eliminando las autocitas y tomando las consideraciones necesarias sobre las citas en trabajos de los coautores, sirve como un indicador de la influencia o impacto en el área de estudio. Rosa Sancho lo refiere como Número de Citas recibidas (de otras publicaciones posteriores) (Sancho, 1990).

Es común que los consejos de ciencia, tecnología y humanidades; ya sean nacionales, regionales o locales, tomen como un elemento de decisión, para la evaluación de candidatos, las citas recibidas en las publicaciones consideradas dentro de sus listados o bases de datos de índices de publicaciones académicas.

Dentro de las bases de datos con índices de publicaciones académicas disponibles para el análisis de citas, entre las que tienen mayor relevancia, podemos encontrar a Scopus de Elsevier (Elsevier, 2023), Web of Science de Clarivate (Clarivate, 2023b) y Google Académico (Google LLC, 2023). Estos tres recursos son los considerados en México por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) (CONAHCYT, 2020), al momento de realizar esta investigación, con la distinción de autocitas, citas externas (tipo A) y co-citas (tipo B).

Las tres bases de datos mencionadas en el párrafo anterior brindan la posibilidad de trabajar en línea mediante portales o bien utilizando interfaces de desarrollo de aplicaciones que pueden integrarse a diversos lenguajes de programación como Python. En el caso de Web of Science y Scopus, las bases ofrecen opciones de acceso limitadas para el público en general y usuarios sin licencia; y opciones extendidas para usuarios con acceso por suscripción (Clarivate, 2023a; Elsevier B.V., 2023), siendo esta última opción la disponible para las bibliotecas del Sistema Bibliotecario de la UNAM. Para Google Académico, el acceso es gratuito y se pueden obtener bibliotecas de acceso desarrolladas por terceros, algunas de ellas de paga (Bettenbuk, 2021).

Para este desarrollo se eligió, como punto de partida, el uso del API de Scopus debido a que es la primera base de datos empleada para el análisis de citas, contiene más registros y permite la conformación directa de perfiles de autores. Una vez que generamos el reporte de Scopus, lo complementamos con la información no redundante obtenida de las otras dos bases de datos, Web of Science y Google Académico.

Uno de los lenguajes de programación más utilizados para la ciencia de datos y procesamiento de información documental es Python (Python Software Foundation, 2023), este lenguaje, mediante el uso de bibliotecas incorporadas o desarrolladas por terceros, permite la creación de proyectos informáticos, incluidos los de bibliometría.

## Objetivo

Complementar los procedimientos habituales, que se realizan mediante las plataformas de los proveedores de información para la búsqueda de las publicaciones y sus citas, así como gestores de referencia con el uso de interfaces de desarrollo de aplicaciones (API).

### **Análisis de citas realizados**

Los análisis de citas efectuados se componen de un listado de referencias de los artículos donde la persona solicitante es autora, seguido por cada una de las referencias de sus citas, clasificadas en tipo A, B y autocitas. Se incluye un conteo de cada tipo. En los casos en que se tienen pocas publicaciones o las publicaciones cuentan con pocas citas, el trabajo que puede hacerse de manera rápida en la página de Scopus, vía la Biblioteca Digital de la UNAM (Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales de Información, 2023) o directamente en el sitio de Scopus en Elsevier, aunque este último método no permite el acceso a algunas características.

El sitio web de Scopus cuenta con perfiles de autor, en el que tratan de agrupar, de forma automática, las publicaciones de la misma persona. Estos perfiles se asocian con un *Scopus Author Identifier*. Los elementos que generan agrupaciones erróneas son la existencia de homonimias, el uso de rúbricas distintas por parte de los autores, la falta de uso de identificadores como el ORCID (ORCID, 2023), así como el cambio de adscripciones laborales o de investigación.

Para evitar omitir publicaciones o incluir publicaciones de otros autores, como en el caso de las homonimias, se pide un listado de sus publicaciones a las personas que requieren el análisis. Un primer paso es verificar cuáles de esas publicaciones se encuentran indexadas en Scopus, y en caso de que abarquen más de un *Scopus Author Identifier*, solicitamos a Elsevier que los agrupe en un mismo identificador. Esto facilita los procesos posteriores para la identificación de autocitas y las citas tipo A y B.

En la Figura 1 se observa, de manera resumida, el procedimiento para obtener el reporte del análisis de citas en Scopus.

La generación del reporte final mediante este procedimiento implica tener abierto de manera simultánea la página Web de la base de datos de Scopus, la versión en línea y

de escritorio del gestor de referencias, en este caso Mendeley; así como el procesador de palabras a emplear. Aunque el sitio web permite filtrar y preseleccionar cierta información, se requiere seleccionar y verificar constantemente datos que pasan de una aplicación a otra y de una correcta sincronización en el paso de datos, ya sea por exportación directa o desde el portapapeles del sistema operativo.

### **Recursos de programación de Scopus para el acceso programático a la búsqueda y extracción de información**

Elsevier proporciona un conjunto de herramientas para el desarrollo de aplicaciones, que pueden obtenerse y explorarse desde su portal (Elsevier B.V., 2023), entre ellas podemos destacar la biblioteca `elsapy` para Python, llaves de acceso (*API Keys*) que permiten el acceso programático a los datos (algunos recursos requieren una solicitud por escrito a Elsevier para obtener o activar llaves específicas) y un sitio interactivo de pruebas de API para generar y probar segmentos de código. Por parte de terceros, existen bibliotecas para Python como `PyScopus` y `PyBibliometrics` (Zuo *et al.*, 2017a, 2017b; Rose & Kitchin, 2019).

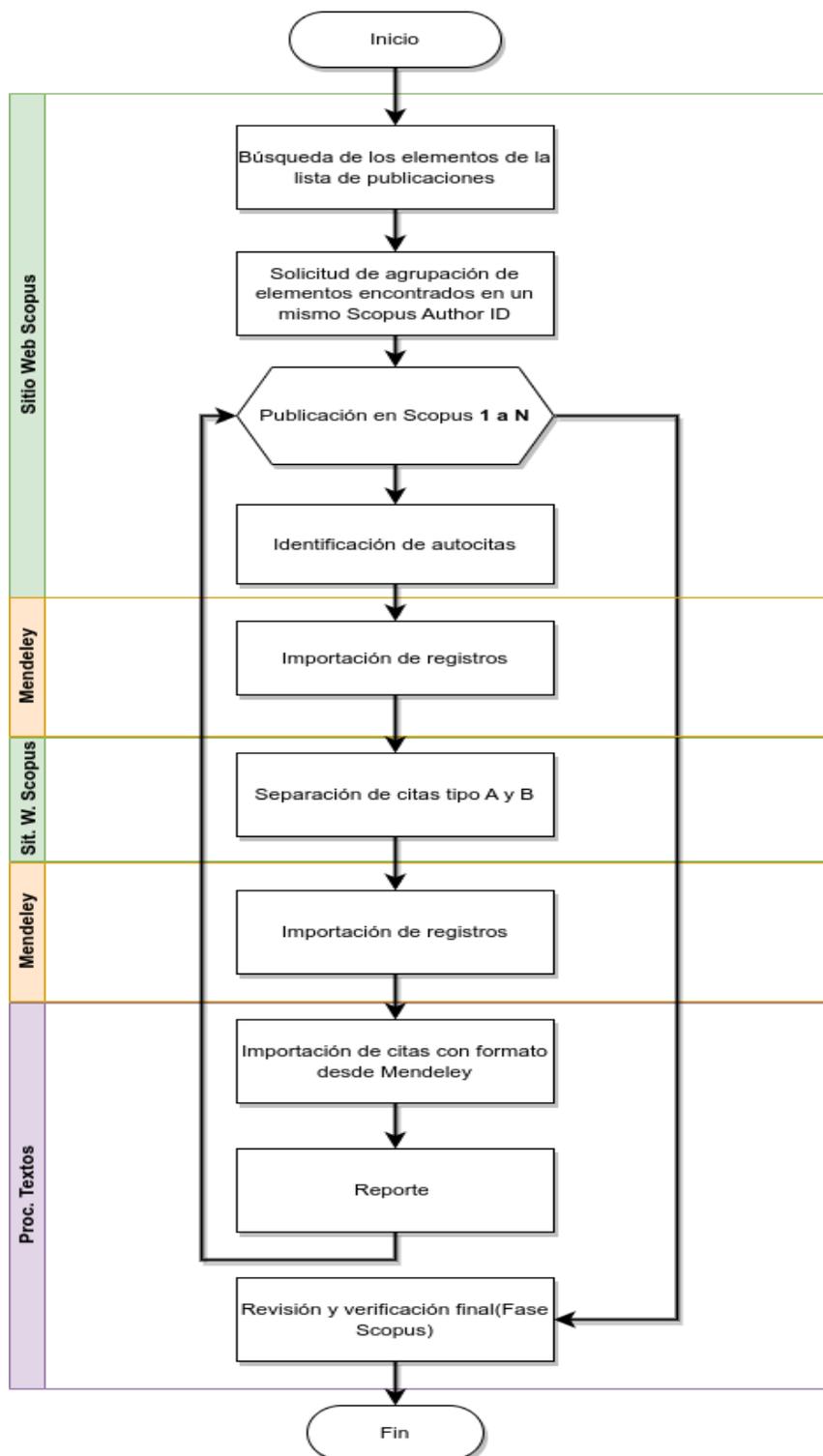


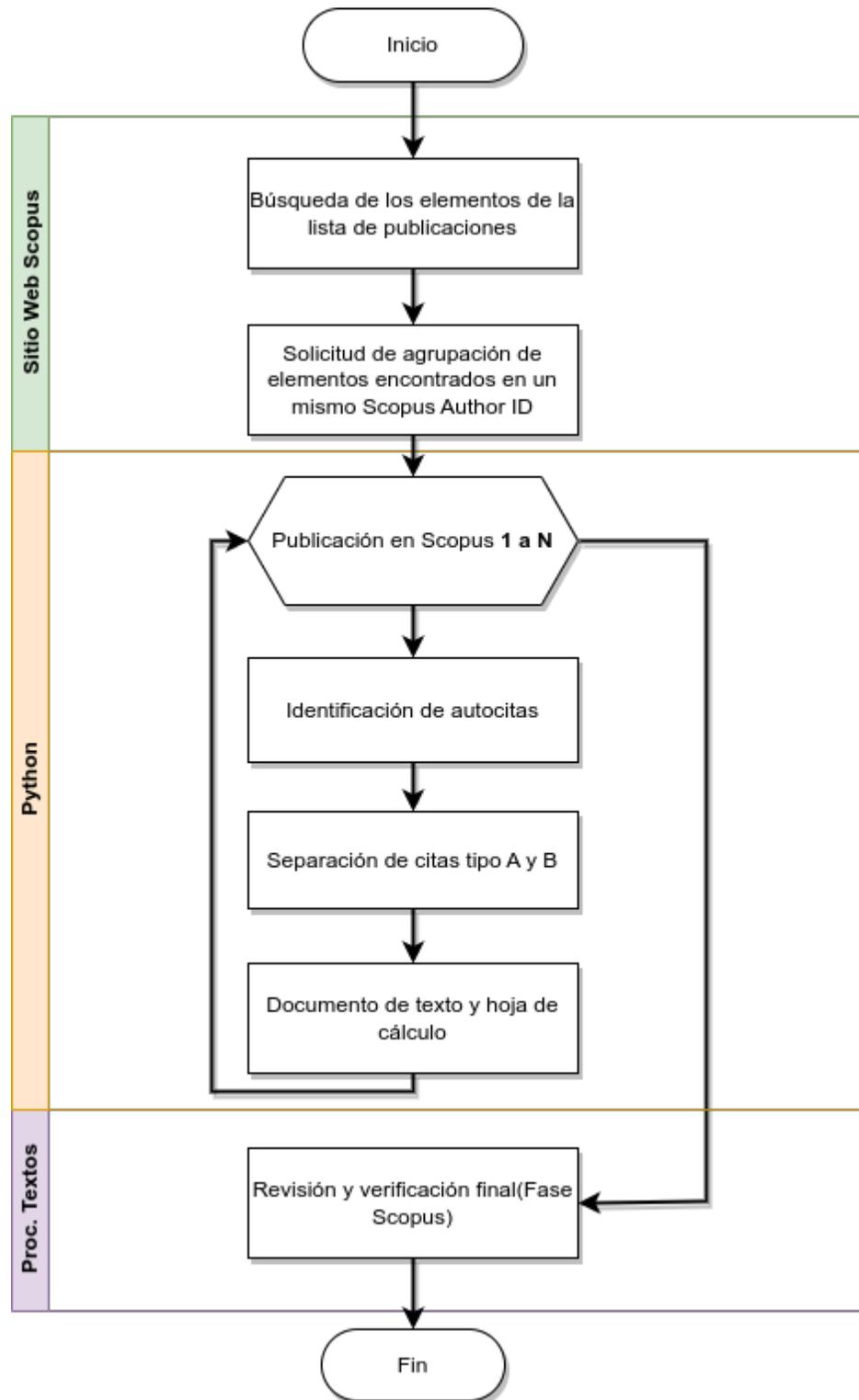
Figura 1. Procedimiento con el portal Scopus y Mendeley (Fuente: elaboración propia).

## Optimización del procedimiento con Python y Bibliotecas PyScopus y PyBibliometrics

El proceso descrito en la Figura 1 se automatizó empleando las funciones `ElsAuthor`, `AbsDoc`, `ElsSearch`, `REFEID` de la biblioteca `elsapy`. En el caso de `PyBibliometrics` se usaron funciones como `AuthorRetrieval`, `ScopusSearch`, `AbstractRetrieval`, `citedby_link`. La biblioteca `PyScopus` fue empleada para la obtención y validación de diversos datos.

Una vez que se generan las citas, estas se insertan en documentos mediante el empleo de las bibliotecas Python `openpyxl` y `docx`.

El procedimiento final se ilustra en la Figura 2, donde se identifica la etapa de sitio web Scopus en color verde para realizar los procesos iniciales de la lista de publicaciones. En la etapa Python en color naranja son ejecutadas las API de los procesos de análisis de citas, desde 1 hasta N, es decir, desde la primera publicación hasta la última de la lista, generando el reporte correspondiente y, en la etapa de procesamiento de textos en color morado, se revisan y validan los registros del reporte.



**Figura 2. Procedimiento con las API de Python.**

## Conclusión

Trabajar con Python, así como con las API de Elsevier y de terceros, permite generar de manera más rápida y desatendida los reportes de análisis de citas. El proceso de verificación y limpieza de resultados también se simplifica. La confirmación de la información es más sencilla y no requiere aplicaciones concurrentes como son el gestor de referencias, el navegador en el sitio del Elsevier y el programa de procesamiento de textos. Como un trabajo a futuro, se integrarán los otros dos servicios de bases de datos consultadas, Web of Science y Google Académico. Las aplicaciones desarrolladas impactan de forma positiva a los servicios de análisis de citas proporcionados por las bibliotecas de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán a su comunidad académica y los estudiantes de posgrado.

## Agradecimientos

Se agradece el apoyo del programa UNAM-DGAPA-PAPIME con los proyectos PE207422, PE202323, PE103023 y PE103223. Asimismo, al programa UNAM-DGAPA-PAPIIT con el proyecto IA102323. Agradecemos también el apoyo de Katherine Ruth García de Customer Experience Champion ELSEVIER | Data for Research and Discovery, por el soporte técnico, activación de llaves y liberación de acceso a los elementos restringidos de la plataforma de Scopus.

## Referencias

Bettenbuk, Z. (2021). *5 Best Google Scholar APIs and Proxies for 2023 - ScraperAPI*.

<https://www.scraperaapi.com/blog/best-google-scholar-apis-proxies/>

Cañedo, A. R. (1999). Los análisis de citas en la evaluación de los trabajos científicos y las publicaciones seriadas. *Acimed*, 7(1): 30-39.

Clarivate. (2023a). *Clarivate Developer Portal - Web of Science API Expanded*.

<https://developer.clarivate.com/apis/wos>

Clarivate. (2023b). *Web of Science*. <https://access.clarivate.com/login?app=wpp>

CONAHCYT. (2020). *PREGUNTAS FRECUENTES Convocatoria para Ingreso o Permanencia en el Sistema Nacional de Investigadores*. [https://conahcyt.mx/wp-content/uploads/sni/preguntas\\_frecuentes\\_sni/faq2020.pdf](https://conahcyt.mx/wp-content/uploads/sni/preguntas_frecuentes_sni/faq2020.pdf)



MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)  
Año 6, No. 6, septiembre 2023 – agosto 2024



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales de Información. (2023). *Biblioteca Digital UNAM - Ver todas las Bases de Datos*.

<https://www.bidi.unam.mx/index.php/colecciones-digitales/bases-de-datos/ver-todos-los-recursos>

Elsevier. (2023). *Scopus - Document search*. <https://www.scopus.com>

Elsevier B.V. (2023). *Elsevier Developer Portal*. <https://dev.elsevier.com/>

Google LLC. (2023). *Google Académico*. <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>

Miguel, S., Moya, A. F. & Herrero, S. V. (2007). El análisis de co-citas como método de investigación en Bibliotecología y Ciencia de la Información. *Investigación Bibliotecológica: archivonomía, bibliotecología e información*, 21(43): 139-155.

<https://doi.org/10.22201/iibi.0187358xp.2007.43.4129>

ORCID. (2023). *ORCID*. <https://orcid.org/>

Python Software Foundation. (2023). *Welcome to Python.org*. <https://www.python.org/>

Richard, E. R. & Rachel, G. R. (2020). *Foundations of Library and Information Science.: Vol. Fifth edit*. ALA Neal-Schuman.

Rose, M. E. & Kitchin, J. R. (2019). pybliometrics: Scriptable bibliometrics using a Python interface to Scopus. *SoftwareX*. <https://doi.org/10.1016/j.softx.2019.100263>

Sancho, R. (1990). Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología. Revisión bibliográfica. *Revista española de documentación científica*, 13(3-4): 842-865.

Zuo, Z., Zhao, K. & Eichmann, D. (2017a). *PyScopus: Get Started*. <http://zhiyuzuo.github.io/python-scopus/>

Zuo, Z., Zhao, K. & Eichmann, D. (2017b). The state and evolution of U.S. iSchools: From talent acquisitions to research outcome. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 68(5): 1266-1277. <https://doi.org/10.1002/ASI.23751>

## USANDO LAS BIBLIOGRAFÍAS ANOTADAS PARA ESTRECHAR LA RELACIÓN ENTRE INVESTIGACIÓN Y EDUCACIÓN

Jesús Cruz-Guzmán<sup>1\*</sup>, José Luis Garza-Rivera<sup>2</sup>, Angélica Espinoza-Godínez<sup>3</sup>, Jessica Annabel Páez-Arancibia<sup>2</sup>, Juan Espinosa-Rodríguez<sup>2</sup>, Jesús Moisés Hernández-Duarte<sup>3</sup>, Rosa Guadalupe Valadez-Olguín<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>*Departamento de Física (FESC UNAM)*

<sup>2</sup>*Coordinación de Bibliotecas y Hemerotecas (FESC UNAM)*

<sup>3</sup>*Céntrro de Tecnologías en Cómputo y Comunicación (FESC UNAM)*

\*[cruz@unam.mx](mailto:cruz@unam.mx)

### Resumen

En este trabajo se presenta como, el uso de bibliografías anotadas permite acercar a los estudiantes de licenciatura a actividades de investigación, en temas relacionados con las asignaturas que se cursan en los diversos semestres del currículum profesional. Las bibliografías anotadas son usadas en este trabajo como medio para favorecer el desarrollo de habilidades de lectura y escritura de textos especializados, en los estudiantes de licenciatura en Ingeniería en Telecomunicaciones, Sistemas y Electrónica, formulando un cuestionario que sirve como guion al estudiante para hacer las anotaciones de las referencias consultadas. Las referencias son obtenidas siguiendo estrategias de búsqueda de información, en la Biblioteca Digital de la Universidad Nacional Autónoma de México. Los resultados de la búsqueda de información deben ser relevantes para el tema de investigación que se desarrolla y debe ser reproducible. Las bibliografías anotadas pasan por procesos de revisión por pares y son presentadas ante los alumnos integrantes del grupo de la asignatura para su posterior publicación.

**Palabras clave:** Educación e Investigación, Recursos Educativos Abiertos, Redacción para publicación de investigación.

## Introducción

Los recursos digitales se usan cada vez con más frecuencia en la formación profesional, sin embargo, tanto profesores como alumnos no cuentan con las habilidades necesarias para poder aprovechar esta tecnología a plenitud. Esto se debe con frecuencia a la falta de recursos adecuados; por ejemplo, contar con un dispositivo digital de tecnología apropiada, un buen acceso a Internet, acceso a bancos de datos especializados y medios para la sistematización de la información. Sin embargo, no siempre es ese el principal problema, ya que muchos universitarios cuentan con los recursos requeridos, además de que en los últimos tiempos la infraestructura de telecomunicaciones de la UNAM se tiene disponible en el salón de clases o en el laboratorio y aunque esto es más limitado, se cuentan con medios audiovisuales para la presentación en el aula. El principal problema radica en que los usuarios, no cuentan con las habilidades para encontrar información que sea relevante para el tema de interés y su posterior sistematización. Todo lo anterior produce fuertes deficiencias en la formación profesional.

A pesar del reconocimiento que se da al papel fundamental que hoy en día deben jugar las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC's) en la educación superior, se observa un fuerte desfase entre el discurso en torno al tema y las medidas reales que las instituciones implementan. Desde la Conferencia Sobre Educación Superior, de Socios de la UNESCO, de 2003, J, Proulx (2003), Informe Sobre la Educación Superior en América Latina y el Caribe, 2000-2005, se reconocía el alto impacto que las TIC's tenían sobre la educación superior, debido a los avances en las ciencias del conocimiento y a los cambios que estaba estimulando en los métodos de enseñanza sin que las estructuras administrativas en las universidades se modificaran, mostrando escasa comprensión para desarrollar modelos pedagógicos flexibles. No obstante, ya por esos años, los esfuerzos de adopción de las nuevas tecnologías se multiplicaron, pero su impacto en la práctica docente cotidiana fue marginal, Uden, L. *et al.* (2007); Green & Chewing (2020, 5).

A partir de marzo de 2020, el confinamiento provocado por la pandemia de COVID-19, obligó a una utilización masiva de las TIC's en sus diversas modalidades, por lo que hoy

su uso es más amplio. Sin embargo, el uso sistemático y guiado de estas tecnologías rápidamente ha disminuido, aunque con una mayor presencia de recursos tecnológicos en el aula.

El papel que juegan hoy las tecnologías digitales las ha colocado en un lugar fundamental para aumentar la productividad y está transformando rápidamente los sistemas productivos y su impacto es también muy significativo en la educación superior (Butt *et al.*, 2014, 5; de Souza *et al.*, 2021, 1; Schneegans, *et al.*, 2021). La experiencia cursada durante la pandemia de COVID-19, nos muestra que las herramientas digitales son necesarias no solo en caso de contingencia, ya que han demostrado que aportan a la actividad de formación profesional nuevos paradigmas, que pueden ser utilizados tanto en la educación presencial como en la educación a distancia (Novak, 2012, 1; Popoca, *et al.*, 2017).

Las bibliotecas digitales en las universidades son un recurso muy valioso para las distintas modalidades de enseñanza (Greenstein & Thorin, 2002). Cada vez hay más recursos digitales disponibles, pero su utilización es todavía limitada, restringiéndose al uso de libros electrónicos, preferentemente escritos en el idioma español, en tanto que el acceso a bancos especializados y a revistas electrónicas sigue siendo muy limitado. La disponibilidad de plataformas de administración de aprendizaje es mayor hoy, sin embargo, la posibilidad de uso de diversos flujos de aprendizaje está restringido debido a que los planes de estudio y programas de asignatura siguen siendo muy rígidos (Schunk, 2012). Una fuerte limitante para promover el uso de tecnologías digitales en la educación es la escasa disponibilidad de recursos de aprendizaje, que estén bien diseñados y que tengan contenidos adecuados y confiables, que hayan pasado por un proceso de evaluación por pares que asegure su calidad académica.

La UNESCO, en su Conferencia General 40, celebrada en la ciudad de París en 2019, aprobó una recomendación en la que define a los Recursos Educativos Abiertos como materiales de aprendizaje, enseñanza e investigación, en cualquier formato y soporte que sean de dominio público, o protegidos por derechos de autor, que han sido publicados con una licencia abierta que permite el acceso a ellos, su reutilización, así como su

reconversión, adaptación y redistribución sin costo alguno por parte de terceros. Ello ha estimulado la producción de Recursos Educativos Abiertos con la creación o el fortalecimiento de repositorios institucionales, lo que promueve una diseminación de recursos más amplia y flexible, pero también propicia que se publiquen materiales que contribuyen a la propagación de errores, que presentan resultados no reproducibles o contradictorios con publicaciones similares, planteamientos que no son adecuadamente citados, etcétera. Sin embargo, el uso de una metodología más sistemática y cuidadosa permite producir materiales de mayor calidad (Wilkes & Hodson, 2013; Schneider *et al.*, 2021; Urenda *et al.*, 2022).

### **Objetivo**

Hacer búsquedas de información en bancos de datos especializados, en particular los recursos disponibles en la Biblioteca Digital de la UNAM, y haciendo uso de herramientas sociales de anotación y un procesador de textos científicos, realizar publicaciones académicas (Bibliografía comentada) usando software libre, para estrechar la relación entre investigación y educación.

### **Materiales y métodos**

La búsqueda de información especializada sigue mostrando sus bondades para tener una panorámica adecuada del campo de conocimiento, de los alcances del proyecto de investigación y de los métodos y técnicas usadas por otros investigadores en el campo. También los datos obtenidos de sitios que distribuyen Recursos Educativos Abiertos juegan un papel muy importante, sin embargo, los metadatos asociados no están debidamente estandarizados, por lo que los resultados obtenidos no tienen la misma confiabilidad que la de bancos de datos especializados. El acceso a la biblioteca digital de la UNAM, que es un recurso muy valioso, permite tener un mejor panorama del campo de conocimiento, sin embargo, es indispensable adoptar una metodología que nos permita buscar recursos en forma sistemática para encontrar información que sea relevante.

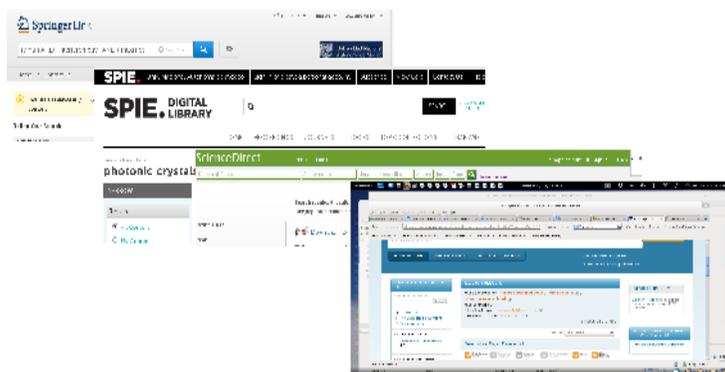
Para hacer una búsqueda sistemática se toma como punto de partida la identificación de palabras clave relacionadas al campo de investigación, las palabras seleccionadas deben corresponder al campo de conocimiento y deben ser representativas del problema que se va a explorar. Preferentemente, estas palabras deben tomarse de una publicación especializada sobre el tema en cuestión.

El término relevante requiere de una definición precisa, ya que suelen dársele distintos significados según el contexto en el que se utilice, entendemos por relevante a aquella información que ha sido sometida a evaluación por pares, que es obtenida usando frases de búsqueda de información construida por palabras clave y técnicas de filtrado, que permiten obtener una cantidad de materiales que puedan ser revisados por el usuario de tal forma que se verifica que corresponden a la delimitación establecida para el campo de conocimiento, correspondiente al tema de interés y que el resultado de la búsqueda es reproducible.

Una vez obtenida la información, es necesaria una revisión sistemática de su contenido y la elaboración de un reporte de resultados. Para ello, las herramientas de anotación y producción de textos científicos desempeñan un papel importante (Novak *et al.*, 2012, 1; Kalir, 2022).

## Resultados

La participación de alumnos en el desarrollo de trabajos de investigación, en temas de frontera, en el área de la asignatura, ha producido trabajos de alta calidad académica. Los resultados obtenidos hasta ahora tienen características cualitativas en las que podemos observar el desarrollo de habilidades digitales para encontrar, agrupar, organizar y compartir contenido, lo que plantea nuevos retos en el diseño y desarrollo de las estrategias de búsqueda que toman en cuenta las características particulares de cada área de especialización, los requerimientos de las comunidades de usuarios y los servicios digitales disponibles (Figura 1).



**Figura 1. Procesos de búsqueda de información en diversas bases de datos (imagen generada con capturas de pantalla).**

La lectura de documentos de información especializada es una de las actividades centrales en este proyecto. La posibilidad de contar con guías para la realización de un trabajo de investigación (documental) ha resultado de gran utilidad para que el alumno localice información relevante para el tema en que trabaja: Puede identificar las palabras clave relacionadas con el tema, construir frases de búsqueda de información, refinar la información encontrada y finalmente, realizar una selección coherente con el tema de investigación de su interés. Sin embargo, conseguir que los estudiantes realicen experiencias en las que pueden analizar, sintetizar y aplicar conocimientos previamente adquiridos al tema de interés y al mismo tiempo ganar habilidades para leer, para aplicar razonamiento matemático para resolver problemas, adquirir habilidades para redactar y para exponer su entendimiento y sus conclusiones en torno a un tema, requiere de atención especial.

El uso de herramientas de anotaciones de documentos en línea ofrece una opción complementaria muy poderosa para realizar lecturas de documentos especializados en forma colaborativa. Los estudiantes que participan en esta actividad pueden identificar el propósito principal del documento, los procedimientos empleados, los resultados obtenidos, qué se conoce sobre el tema, el planteamiento del problema y los objetivos que se plantean los autores. Estas actividades se pueden implementar prácticamente en todas las asignaturas de estudios profesionales y su impacto puede ser muy favorable

para la formación del futuro profesional, como para la mejora de su rendimiento académico.

## Discusión

El desarrollo de las distintas actividades del trabajo de investigación permite a los estudiantes conocer y usar las diversas fuentes de información disponibles en la Biblioteca Digital de la UNAM y acumular un conjunto de conocimientos y de materiales, que les permiten tener un acercamiento, al estado en que se encuentra el campo de conocimiento del tema elegido.

A través de las actividades del proyecto, los productos elaborados permiten considerar que el resultado es muy satisfactorio, lo cual se refleja en la calidad de los trabajos que realizan los alumnos, en donde podemos apreciar la evolución que tienen al participar. Se puede observar que los alumnos que han participado por más de un semestre en el proyecto producen trabajos de mejor calidad, debido a que sus búsquedas de información están mejor formuladas, mejor inscritas en el tema de investigación y, por lo tanto, se puede observar una mejor comprensión de la lectura de los artículos seleccionados, tanto en la redacción de los reportes finales, la edición de los carteles y su presentación que refleja mayor madurez en el proceso de investigación (Figura 2).



**Figura 2. Presentaciones del Simposio del Trabajo de Investigación (Cruz et al. 2023-2).**

## Conclusión

El proyecto se inscribe en los esfuerzos realizados para ampliar la relación entre la enseñanza y la investigación, por lo que se ha implementado una metodología que contribuye a desarrollar en los estudiantes capacidades de investigación, y el desarrollo de un conjunto de habilidades necesarias para adaptarse a un entorno profesional que cambia continuamente. El trabajo se basa en tres ejes principales:

- Las fuentes de información documental disponibles a través de la biblioteca digital de la UNAM,
- El desarrollo de habilidades de lectura de textos científicos y
- La redacción de bibliografías comentadas de textos técnicos y científicos, especializados.

La actividad de investigación que se realiza promueve el trabajo colaborativo y la integración de conocimientos en contextos de investigación sobre temas de frontera. Los temas de los trabajos de investigación que eligen los estudiantes siempre están basados en alguna publicación especializada o de divulgación científica o tecnológica, publicada en los últimos cinco años.

La experiencia que se ha tenido en la elaboración de bibliografía comentada ha sido muy satisfactoria, ya que muestra que los alumnos, además de adquirir o mejorar sus habilidades digitales, cuando las usan en bancos de datos especializados, obtienen resultados muy sólidos y bien fundamentados en temas de frontera en el área de investigación que eligieron para trabajar.

## Agradecimientos

Cátedra de investigación CI2248, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.

## Referencias

- Butt, A. A., Park, J., & Kwon, Y. M. (2014, 5). Design and implementation of web-based collaborative social curation. In W. W. Smari, G. C. Fox, & M. Nygård (Eds.), (p. 19-26). Institute of Electrical and Electronics Engineers.
- De Souza Rodrigues, M. A., Chimenti, P., & Nogueira, A. R. R. (2021, 1). An exploration of elearning adoption in the educational ecosystem. *Education and Information Technologies*, 26 , 585-615. doi: 10.1007/s10639-020-10276-3
- Green, K. R., & Chewning, H. L. (2020, 5). The fault in our systems: LMS as a vehicle for critical pedagogy. *TechTrends*, 64 , 423-431. doi: 10.1007/s11528-020-00480-w
- Greenstein, D., & Thorin, S. E. (2002). *The digital library: a biography*. Digital Library Federation, Council on Library and Information Resources.
- Informe Sobre la Educación Superior en América Latina y el Caribe, 2000-2005: La Metamorfosis de la Educación Superior. (2006). Instituto Internacional de la UNESCO para la Educación Superior en América Latina y el Caribe (IESALC).
- Jacques Proulx, General Rapporteur. (2003). Second Meeting of Higher Education Partners, World Conference on Higher Education (WCHE). UNESCO Headquarters, Paris, 23 to 25 June 2003.
- Kalir, J. (2022). The value of social annotation for teaching and learning: Promoting comprehension, collaboration and critical thinking with hypothesis. Retrieved from <https://web.hypothes.is/research-white-paper/>.
- Novak, E., Razzouk, R., & Johnson, T. E. (2012, 1). The educational use of social annotation tools in higher education: A literature review (Vol. 15). Elsevier Ltd. doi: 10.1016/j.iheduc.2011.09.002
- Popoca, D. J., Arturo, C., Gastelú, T., & Díaz, L. E. H. (2017). Las posibilidades educativas de la curación de contenidos: una revisión de literatura. *Apertura*, 9 . Retrieved from <http://dx.doi.org/10.32870/Ap.v9n2.1046> doi: 10.32870/Ap.v9n2.1046
- Recomendación Sobre los Recursos Educativos Abiertos (REA). (2019). Conferencia General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). 40ª Reunión, París del 12 al 27 de noviembre de 2019.
- Schneegans, S., Lewis, J., & Straza, T. (2021). Informe de la unesco sobre la ciencia: la carrera contra el reloj para un desarrollo más inteligente – resumen ejecutivo.
- Schneider, J., Waard, A. D., Balke, W. T., Wang, X., Song, N., Hua, B., & Fu, Y. (2021). Digital infrastructures for scholarly content objects. In (Vol. 2021-September, p. 346-347). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. doi: 10.1109/JCDL52503.2021.00069
- Schunk, D. H. (2012). *Teorías del aprendizaje: una perspectiva educativa*. Pearson Educación.



---

**MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)**  
**Año 6, No. 6, septiembre 2023 – agosto 2024**

---



Uden, L., Wangsa, I. T., & Damiani, E. (2007). The future of e-learning: E-learning ecosystem. In (p. 113-117). doi: 10.1109/DEST.2007.371955

Urenda, S. D. R., Yparrea, N. G., Moreira, E. L., Uicab, M. C., & Grez, A. G. (2022). Digital competencies for content curation in the open education framework. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. doi: 10.1109/JICV56113.2022.9934776

Wilkes, G., & Hodson, J. (2013). Using social media aggregation and curation techniques in the classroom to identify discourse trends and support brand operations.

## LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL PROCESO ENSEÑANZA- APRENDIZAJE

Oscar Sánchez-Baños

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

[sboscar@cuautitlan.unam.mx](mailto:sboscar@cuautitlan.unam.mx)

### Resumen

A finales del primer cuarto del siglo XXI, la inteligencia artificial (IA) ha irrumpido abruptamente con un chatbot, muy popular, que en una semana después de su lanzamiento alcanzó el millón de usuarios. El futuro de la educación o, mejor dicho, el presente se debe adaptar a la forma de enseñar y aprender no sólo en los niveles de educación superior, más bien a todos los niveles de enseñanza.

Se debe asumir un profesionalismo responsable para su introducción en la enseñanza, debido a que proporciona una gran cantidad de información que procesa en pocos segundos. La calidad de los contenidos está a merced de los prompt que se cuestionan y de qué manera se entrena ha dicho chatbot.

Las aportaciones tecnológicas como internet, computadoras portátiles, pizarras, tabletas, celulares inteligentes y toda clase de recursos y propuestas digitales se han introducido en las aulas escolares con renovadas esperanzas de cambio; sin embargo, su adopción ha sido menor de lo que se esperaba. Existe un cierto consenso acerca de que la revolución tecnológica impulsada por la IA tendrá un impacto importante en el campo educativo, así como en las demás esferas de la actividad humana.

**Palabras clave:** Inteligencia artificial, Educación, Docencia, Tecnología

### Introducción

Alan Turing es uno de los pioneros en la Inteligencia Artificial (IA). (Ocaña-Fernández 2019) (Giró Gràcia 2022). Su incursión en la educación ha experimentado un incremento, sus primeros antecedentes datan entre los años 60-70 del siglo pasado, desarrollando los primeros sistemas de IA, incluyendo el reconocimiento de patrones y el entendimiento

del lenguaje natural, después en los años 80-90 se desarrollaron adelantos en los procesamientos de información y almacenamiento de datos que permitieron mejorar tareas como el aprendizaje automático y la planeación. En este siglo entre el 2000 y 2010, se produjeron progresos en el aprendizaje profundo y en el análisis de datos masivos, mejorando el reconocimiento de imágenes y la generación de texto, los avances tecnológicos ha transformado la educación, con estrategias, perspectivas, metodologías de aprendizaje, así como de evaluación, son incorporados en contenidos como apps, etc. haciendo posible el entrenamiento de algoritmos de aprendizaje automático a costos razonables, dando paso al desarrollo de una nueva generación de sistemas digitales.

Desde 2015 han evolucionado nuevas aplicaciones teniendo un impacto en diferentes ámbitos de la sociedad (Jara, I., & Ochoa 2020), con avances como el aprendizaje por refuerzo, el procesamiento del lenguaje natural, incluyendo el reconocimiento facial, asistentes virtuales y el análisis de datos, incursionando para personalizar la educación, ajustando el ritmo y los contenidos de acuerdo con las necesidades de cada estudiante. En 2017, se desarrollaron herramientas que permiten a los profesores evaluar y mejorar su enseñanza, así como a los estudiantes obtener retroalimentación en tiempo real sobre su rendimiento. En el 2019, se comienza a utilizar la realidad virtual y la realidad aumentada, permitiendo interactuar con el contenido de una manera inmersiva. En el 2021, se crean los chatbots y asistentes virtuales que ayudan a resolver dudas y a mejorar el aprendizaje. (Sanabria-Navarro. 2023) A finales de 2022, con un modelo de lenguaje, aparece ChatGPT, impactando a la educación, al proporcionarle recursos adicionales para investigaciones, asistencia en tareas, generación de ideas creativas, además del acceso a diversos conocimientos, mediante sistemas adaptativos para ajustar la trayectoria educativa de los estudiantes. Los riesgos potenciales que se deben abordar por medio de las políticas, como la preparación digital de los estudiantes, la privacidad de su información personal, las inequidades preexistentes, y los temores en los docentes que puedan inhibir su adopción en las escuelas.

La presencia de la IA tiene una aceptación en múltiples actividades, generando nuevas herramientas en el proceso educativo, no se puede negar la importancia que tiene la

adquisición de habilidades digitales, para mejorar varios problemas a través de diferentes componentes para crear y desarrollar habilidades y conocimientos a los estudiantes. Finalmente, constituye una amenaza y se debe considerar el tema de la ética, los valores, cuidando y fomentando la indiscutible oportunidad que brinda a la educación.

### **Objetivo**

El presente artículo es de carácter de investigación documental y tiene como objetivo hacer una reflexión sobre la importancia, utilidad, implementación y asistencia de la IA en la educación, incluyendo la universitaria, permitiendo ver sus aplicaciones a nivel mundial sobre educación digital y comprender sus alcances para crear competencias pedagógicas orientadas a construir un pensamiento científico y tecnológico, incluyendo la capacidad de rendimiento de los chatbot.

### **Resultados**

La IA está disponible, en el proceso de aprendizaje y presenta una baja adopción por las instituciones educativas, una de las causas es la falta de recursos, otra es que aún no existen evidencias de que las tecnologías asociadas ayuden a los estudiantes a alcanzar sus objetivos, otra causa está asociada al temor por parte de los docentes de ser desplazados de sus puestos de trabajo por los tutores inteligentes, estos podrán optimizar la búsqueda de contenidos entre una inmensa cantidad de recursos disponibles, dándole al estudiante una mayor apropiación del conocimiento y permanecer aprendiendo dentro o fuera del aula a lo largo de su vida (Padilla, 2019). El aprendizaje asistido hará cada vez más difusa la frontera entre la educación tradicional en el aula y el aprendizaje en línea/auto dirigido. Surgirán cada vez más aplicaciones útiles con la esperanza de que pueda hacerse realidad la transformación educativa (Rodríguez, 2017), se contraponen las dificultades y resistencia a los cambios tecnológicos en algunas instituciones (Jara, I., & Ochoa 2020). La educación actual debe considerar a los estudiantes en la era digital, (Carrasco, 2023) ofreciéndoles soluciones personalizadas y eficientes para mejorar su aprendizaje (Sanabria-Navarro. 2023). Los docentes juegan un papel fundamental en

este proceso a través de sus metodologías y el mayor uso de estas tecnologías en el aula invertida, fortaleciendo nuevos modelos didácticos. Se contemplan dificultades como la resistencia al cambio tecnológico, a consecuencia de la tecnofobia. (Padilla, 2019).

El modelo de predicción de la IA se usa ampliamente para identificar a los estudiantes en riesgo de deserción, establecer vías de aprendizaje u optimizar el conocimiento. Se debe reflexionar sobre el uso de chatbots y plagio en la educación superior, estas herramientas mal aplicadas no llegan a desarrollar conocimiento, inhibiendo elementos vitales para los futuros profesionistas como la carencia de competencias profesionales, habilidades de pensamiento, posturas críticas, con un aprendizaje pasivo del estudiante. Varios estudios han puesto de manifiesto que cuanto más se deja una parte importante de las actividades cognitivas en manos de la máquina, menos material se encuentra en las neuronas para estructurar y organizar, los educadores no pueden ser ajenos a este hecho (Giró Gràcia 2022). Sin embargo, su uso en la educación requiere de la supervisión profesional, así como madurez, para abordar las evaluaciones o los resultados cuando son incorrectos.

La educación busca la mejor manera de desarrollar estrategias puntuales en la adquisición de conocimiento por parte del alumno y también un modelo que permitirá generar conocimientos. La IA impactará a la educación superior por medio de aplicaciones relacionadas con la enseñanza de tipo individualizado, a nivel de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), desarrollando e implementando simuladores, programas de tutorías, además de diversos softwares interactivos implementados bajo una interfaz cada vez más amigable con el usuario, (Padilla, 2019) haciendo viables estos propósitos a las diversas necesidades del estudiante, considerado nativo digital, la educación no es un producto, es un proceso, el aprendizaje va más allá de una simple adquisición de conocimientos.

Este siglo está siendo testigo de un insípido incremento del uso de las TIC basadas en IA en la enseñanza, (Giró Gràcia 2022) los intentos por integrar tecnologías digitales en las prácticas pedagógicas han sido esquivos en las actividades escolares. La sociedad de la información demanda a las universidades un abrupto cambio en sus rígidos cánones de formación, con la urgente necesidad de planear, diseñar, desarrollar e implementar

procesos formativos basados en las competencias digitales, para formar profesionistas capaces de entender y desarrollar el entorno tecnológico (Vila, 2007). Se pueden aportar soluciones a las necesidades del estudiante (Ocaña-Fernández 2019), como sistemas de tutores inteligentes que proporcionen un aprendizaje a la medida de sus requerimientos (Peña, 2020). En este contexto, las innovaciones tecnológicas pueden optimizar la enseñanza (Jara, 2020), esto supone condiciones de acceso a dispositivos y conexión a internet, los alumnos deben contar con un dispositivo portátil o computadora (propio o del centro educativo) y que las escuelas dispongan de internet de alta velocidad.

Los sistemas educativos deben ser acordes a los cambios tecnológicos, permitiendo personalizar aún más las trayectorias de aprendizaje de los estudiantes, por lo que se requerirán inversiones durante los próximos años en infraestructura digital. En América Latina y el Caribe se han logrado avances importantes en temas de digitalización y conectividad, cabe aclarar que existe una desigualdad en zonas rurales marginadas y es posible que no se haga realidad en donde más se necesita. Para que los alumnos sigan sus propias trayectorias de aprendizaje se requieren niveles de autonomía que no siempre están presentes, como es el caso de los estudiantes que viven en ambientes de privación. Por lo tanto, una educación excesivamente personalizada podría favorecer a los sectores de mayor capital sociocultural, en detrimento de los estudiantes con mayores necesidades educativas, el desafío se relaciona más bien con las capacidades de los docentes para realizar estas tareas, ya que relativamente pocos son los que cuentan con las competencias necesarias. En un estudio en cinco países: Reino Unido, Alemania, Polonia, Lituania y Holanda, las escuelas utilizan datos para mejorar el aprendizaje, así como el desempeño escolar, presentando problemas de acceso a la información, también se detectó la necesidad de capacitar a los docentes. China lanzó, en 2016, un plan para convertirse en un polo de desarrollo e invirtió el 8% de su presupuesto en la digitalización de las escuelas. Algo similar está ocurriendo en países desarrollados, adquiriendo mayor relevancia en investigación, innovación y desarrollo educativo.

## Discusión

La personalización de la práctica educativa debe ser afianzada con nuevas aplicaciones en los sistemas de enseñanza adaptativa que ofrezcan trayectorias personalizadas de aprendizaje basadas en los perfiles e interacciones de los estudiantes. Existe una variedad de productos, aunque con mayor frecuencia han sido adoptados en matemáticas y ciencias. En China la plataforma adaptativa para la enseñanza del inglés denominada Liulishou, con capacidad para atender en línea a 600000 estudiantes, y se están desarrollando un súper profesor en línea MasterLerner, capaz de responder simultáneamente 500 millones de consultas de estudiantes que se están preparando para el examen de ingreso a la universidad, o la aplicación M-Shule en Kenia, usada para impartir clases, adaptable a las habilidades de los estudiantes, además de proporcionar información acerca de su progreso a profesores y padres; o la plataforma adaptativa Daptio de Sudáfrica, utilizada para ayudar a estudiantes y docentes a entender los niveles de logro alcanzados y proveer contenidos pertinentes. En América Latina, el Plan Ceibal de Uruguay masificó la plataforma adaptativa de matemáticas Bettermarks, con 69000 usuarios, ofreciendo actividades y ejercicios interactivos, dependiendo del nivel de conocimiento del estudiante, avanzando a su ritmo y cuando tienen dificultades, la plataforma les genera automáticamente una serie de ejercicios de refuerzo. Asimismo, le proporciona al docente una serie de indicadores basados en cada uno de los estudiantes. En Brasil, la plataforma adaptativa Geekie llega a más de 55000 escuelas. Otros casos similares, son las plataformas de aprendizaje personalizado en matemáticas eMAT en Chile y la plataforma APCI en Ecuador. Con aplicaciones que identifican las fortalezas y debilidades del usuario, generando una trayectoria que optimice su aprendizaje e incluso ajuste los contenidos.

RoboTutor, una aplicación para tabletas orientada a compensar las carencias de niños de 7-10 años con poco o ningún acceso a la escuela, enseñándoles a leer, a escribir y aritmética básica sin el apoyo de un adulto, este produce una retroalimentación automática a la lectura hablada que realizan los niños frente a sus dispositivos, la aplicación fue desarrollada por la Universidad Carnegie Mellon, y recibió en 2019 el Global Learning XPRIZE que premia aquellos programas informáticos que ayudan a la

educación de los niños de países en desarrollo, la plataforma Letrus de Brasil busca apoyar el trabajo escolar de desarrollo de la escritura, ofreciendo retroalimentación con base en el análisis de patrones y complementándola con la revisión de los maestros. Otra es Hujiang, un sistema que dará retroalimentación en línea con base en el reconocimiento de las expresiones de los estudiantes a partir del análisis de su imagen de video y de su voz. En Argentina, se llevó a cabo un experimento con tecnología para la enseñanza de conceptos básicos ligados a las ciencias de la computación, con una buena aceptación. Este tipo de procesos puede ser importante para apoyar la actividad cuando los grupos de estudiantes son numerosos, dotando al docente de insumos para apoyar de manera eficiente al alumno. Están surgiendo aplicaciones en busca de aprovechar nuevas capacidades específicas, la empresa sueca Lexplore desarrolló una aplicación para predecir la dislexia con base en el seguimiento del movimiento de los ojos de los niños. Se están diseñando otras para el autismo y el déficit de atención, usando algoritmos de reconocimiento de fonemas, que permitiría la identificación y la corrección en tiempo real de la pronunciación de distintas palabras, podría utilizarse para desarrollar habilidades de habla y escucha de otra lengua sin necesidad de contar con un hablante nativo.

Cuando se trata de algoritmos de aprendizaje automático, los conjuntos de datos utilizados para entrenarlos se realizan a partir de información disponible con resultados esperados, que reproducen parcialmente la “realidad”, con sus sesgos y disfunciones, hay que considerar que los datos nunca son objetivos ni completos, por lo que no pueden incluir información relevante para producir un resultado correcto, o pueden basarse en información histórica, con una gran cantidad de supuestos, algunos de ellos no deseados. Las competencias digitales son de suma importancia en los conocimientos, actitudes y habilidades en aspectos tecnológicos, informáticos y virtuales de una nueva y compleja alfabetización tecnológica, entre ellas figuran la solución de problemas no rutinarios, el pensamiento lógico y crítico, las habilidades interpersonales en la solución de conflictos (Ocaña-Fernández 2019), descritas como la capacidad de adaptación y la administración del desarrollo personal, planteando un conjunto de desafíos y riesgos que deben ser

abordados por políticas públicas, de lo contrario podría mermarse la posibilidad de aprovechar los beneficios potenciales que esta ofrece (Jara, I., & Ochoa 2020).

La integración de la tecnología digital ha dado un impulso a los conceptos del Big Data, IA, algoritmos de aprendizaje automático, implementadas con herramientas de las TIC en entornos educativos. Los programas resultantes deben ser capaces de procesar un conjunto potencialmente infinito de datos, el Big Data aplica para toda aquella información que no puede ser procesada utilizando herramientas tradicionales, necesita el Machine Learning, método de representación y cálculo basado en múltiples capas que se denomina deep learning, no se puede dejar de mencionar el desarrollo actual de las redes neuronales artificiales, programados para emular las capacidades de la inteligencia humana, cuyo objetivo es permitir que las computadoras aprendan. Los campos de aplicación son diversos, abarcando tareas con una variedad de métodos, técnicas y herramientas para modelar y resolver problemas, así como el análisis de imágenes, audios y videos, esto se consigue “entrenando” a los algoritmos con millones de datos, para calibrarlos y poder reconocer patrones con la finalidad de realizar predicciones y que se puedan integrar dentro de sistemas de toma de decisiones, asombrando su capacidad de procesamiento, sin embargo, existen cualidades humanas que todavía no pueden ser reproducidas como la creatividad, la capacidad de producir nuevas ideas o la capacidad de improvisar y evolucionar constantemente con el tiempo, estas limitantes poco a poco van siendo superadas. El desarrollo de este tipo de software se ha convertido en una solución rápida a las necesidades de la educación virtual, se están empezando a usar para realizar evaluaciones automáticas y adaptativas, esto permitirá crear patrones de comportamiento sobre las respuestas del docente, pudiendo verificar la adquisición de conocimiento en cualquier entorno, los profesores pueden reducir el tiempo de elaboración y corrección de exámenes, auxiliándolo en el desarrollo de actividades dentro y fuera del aula, desde luego sin desvirtuar el papel que juega el docente, (Padilla, 2019), se debe ser consiente de los riesgos que conlleva la amplia gama de tecnologías digitales de última generación.

ChatGPT (Chat Generative Pre-trained Transformer) es un modelo de inteligencia artificial y procesamiento del lenguaje natural (PLN) de 175000 millones de parámetros, que utiliza algoritmos de aprendizaje entrenados con grandes cantidades de datos para generar respuestas de tipo humano a las preguntas de los usuarios. Desde su lanzamiento ha tenido un gran éxito, siendo capaz de generar respuestas automáticas a peticiones complejas como la elaboración de resúmenes, poemas, textos de programación informática y complejos problemas matemáticos. En el mundo de la educación médica, este tipo de algoritmos también han comenzado a atraer la atención de docentes y discentes, generando las oportunidades educativas. Existen numerosas preocupaciones éticas en la utilización de este tipo de tecnologías. Entre ellas, destaca la amenaza a la seguridad y privacidad, la generación de posibles desigualdades sociales y el desarrollo de esta inteligencia, pudieran acabar sustituyendo muchas tareas profesionales, con el consiguiente aumento de las tasas de desempleo (Carrasco, J. P. 2023).

## Conclusión

Se debe estar consciente sobre el uso de sistemas inteligentes, se han extendido con gran rapidez en los quehaceres cotidianos que hasta ahora estaban ocupados exclusivamente por seres humanos, su uso y aplicación requiere de mucha ética, ya están presentes en diversos campos incluyendo la educación digital, se debe utilizar como una herramienta de ayuda y no para desvirtuar la labor docente, en el proceso enseñanza aprendizaje. Tampoco se pueden dejar de lado el gran aporte de una implementación de habilidades pedagógicas, competencias digitales y conocimiento de computación que abra las puertas al desarrollo humano, y que estas a su vez permitan generar una integración y explorar nuevos campos. Los sistemas inteligentes irán elevando su protagonismo en un futuro, paralelamente a los debates éticos, se deben elaborar normas y prácticas precisas para el desarrollo de máquinas inteligentes. Las relaciones interpersonales, la creatividad y la inteligencia emocional serán importantes.

## Referencias

- Carrasco, J. P., García, E., Sánchez, D. A., Porter, E., De La Puente, L., Navarro, J., & Cerame, A. (2023). ¿Es capaz “ChatGPT” de aprobar el examen MIR de 2022? Implicaciones de la inteligencia artificial en la educación médica en España. *Revista Española de Educación Médica*, 4(1).
- Giró Gràcia, X., & Sancho Gil, J. M. (2022). La Inteligencia Artificial en la educación: Big data, cajas negras y solucionismo tecnológico.
- Jara, I., & Ochoa, J. M. (2020). Usos y efectos de la inteligencia artificial en educación. Sector Social división educación. Documento para discusión número IDB-DP-00-776. BID. doi: <http://dx.doi.org/10.18235/0002380>.
- Ocaña-Fernández, Yolvi, Valenzuela-Fernández, Luis Alex, & Garro-Aburto, Luzmila Lourdes. (2019). Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior. *Propósitos y Representaciones*, 7(2), 536-568. <https://dx.doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.274>
- Padilla, R. D. M. (2019). La llegada de la inteligencia artificial a la educación. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI*, 7(14), 260-270.
- Peña, V. R. G., Marcillo, A. B. M., & Ramírez, J. A. Á. (2020). La inteligencia artificial en la educación. *Dominio de las Ciencias*, 6(3), 28.
- Rodríguez, G. D. L. C. L., & Brito, S. M. V. (2017). La inteligencia artificial en la educación superior. Oportunidades y amenazas. *INNOVA Research Journal*, 2(8.1), 412-422.
- Sanabria-Navarro, J. R., Silveira-Pérez, Y., Pérez-Bravo, D. D., & de-Jesús-Cortina-Núñez, M. (2023). Incidencias de la inteligencia artificial en la educación contemporánea. *Comunicar: Revista Científica de Comunicación y Educación*, 31(77).
- Vila, E. M. S., & Penín, M. L. (2007). Monografía: Técnicas de la Inteligencia Artificial aplicadas a la educación. *Inteligencia Artificial. Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 11(33), 7-12.

## USO Y APLICACIÓN DEL PROCESO ADMINISTRATIVO EN EMPRESAS FAMILIARES DEL SUR DEL ESTADO DE YUCATÁN

Jacqueline Zapata-Vázquez\* y Tatiana Navarrete-Castillo  
*Instituto Tecnológico Superior del Sur del Estado de Yucatán*

\*[jzapata@suryucatan.tecnm.mx](mailto:jzapata@suryucatan.tecnm.mx)

### Resumen

Las empresas familiares son aquellas en las que la propiedad y la gestión están en manos de una familia, y se enfrentan a desafíos únicos debido a su compleja estructura de relaciones y dinámicas familiares. En el Sur del estado de Yucatán las empresas familiares son generadoras de riqueza, empleo e innovación. En esta investigación se hace referencia a la importancia de las empresas familiares en la economía y cómo, a pesar de que pueden ser infravaloradas, son clave en el sostenimiento de la actividad económica en tiempos de crisis. La investigación se ha enfocado en conocer la situación de las empresas familiares, identificar el perfil del empresario y el proceso de sucesión a partir del proceso administrativo. Una de las grandes limitantes para el desarrollo de la investigación sobre el tema es la falta de información pública, la falta de bases de datos y la desconfianza de los empresarios para proporcionar información, lo cual ha impedido comparar los datos con otros estudios realizados en otros estados de la república. Lo anterior nos lleva a la pregunta de investigación: ¿Cuáles son las principales estrategias de administración que permiten a las empresas familiares lograr su continuidad y éxito a largo plazo?

**Palabras clave:** Administración, negocio familiar, estrategias de administración.

### Introducción

Las empresas familiares son parte importante en la economía global, ya que representan una relevante porción de los negocios que comercializan diferentes productos y servicios en el mundo. Estas empresas se caracterizan por tener la propiedad y la gestión en manos de una familia, lo que les confiere una dinámica única y desafíos particulares en comparación con las empresas no familiares. La compleja interacción entre las relaciones familiares y la gestión empresarial plantea preguntas importantes sobre cómo lograr la continuidad y el éxito a largo plazo en este tipo de entes sociales.

Uno de los desafíos más destacados que enfrentan las empresas familiares es la necesidad de equilibrar la dinámica familiar con la gestión empresarial. La toma de decisiones, la planificación estratégica y la resolución de conflictos se ven influenciadas por las relaciones familiares, lo que puede generar tensiones y dificultades adicionales. Por lo tanto, es esencial comprender cómo desarrollar estrategias efectivas que aborden estas dinámicas únicas y permitan el éxito.

### **Objetivo**

Evaluar el uso y aplicación del proceso administrativo en las empresas familiares del sur del Estado de Yucatán que permita la comprensión de la dinámica empresarial para la generación de oportunidades que los lleven a la permanencia y éxito a largo plazo.

### **Desarrollo del tema**

En este proyecto de investigación se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuáles son las principales estrategias de administración que permiten a las empresas familiares lograr su continuidad y éxito a largo plazo?

De acuerdo con Rueda & Rueda (2019), las empresas familiares son la mayor fuente generadora de riqueza y empleo, la verdad es que aún es necesario realizar mayores esfuerzos investigativos desde el ámbito académico como gubernamental, particularmente en el contexto latinoamericano, en la medida que son escasos los estudios que demuestren su desempeño actual y comportamiento organizacional.

Asimismo, se plantea la hipótesis “La implementación del proceso administrativo generan oportunidades en el éxito a largo plazo de las empresas familiares”.

La mayoría de las empresas familiares no llegan a una consolidación y los miembros a menudo asumen múltiples roles, por lo que es importante una comprensión amplia en la administración de la empresa para asegurar su éxito.

### *Antecedentes*

Yasuff (2020), su trabajo de investigación trata del Plan de Negocios y el Protocolo Familiar. Ambas serán el puntapié inicial para que esta empresa familiar comience a transcurrir el camino hacia la profesionalización. El informe concluye con las aplicaciones prácticas del Protocolo Familiar y el Plan de Negocios de la empresa en cuestión.

Flores (2015), en su tesis expresa las principales conclusiones a las que arriba, tales como, se determina que: El proceso Administrativo y Gestión Empresarial de la Cooperativa de Producto de Alimentos Básicos RL, se lleva a cabo de forma parcial, ya que no hubo un buen funcionamiento de los procesos administrativos y la Gestión empresarial, observándose de manera limitada por los pobres conocimientos administrativos de los órganos directivos que trabajan y el poco compromiso de alguno de ellos, además, se realizó un planteamiento de alternativas de soluciones para mejorar el desempeño administrativo en la Cooperativa.

Bowen, & Vaca (2015) para conocer la percepción de los clientes se consideró necesaria una encuesta y de esta manera contar con una base de la situación de empresa frente al mercado. El recurso humano debe tener claro sus funciones y responsabilidades, para lo cual a través del análisis de puesto se generó un manual de funciones para cada área.

### **Resultados y Discusión**

Los criterios para clasificar las empresas varían por los diversos organismos públicos que los establecen en cada país. Una clasificación de empresas en México difundida es por el tamaño y número de empleados, y su giro (INEGI, 2019).

En la Figura 1 se encontró que, en el municipio de Oxtutzcab, es donde la actividad económica es operada mayormente mediante unidades familiares.

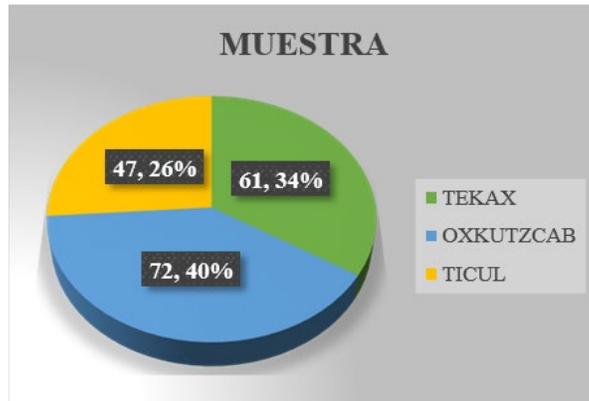


Figura 1. Distribución de la Muestra. #Empresas/% (Fuente: Propia).

En la Figura 2 se confirma lo que visiblemente caracteriza a la zona y que son las principales actividades económicas mediante los giros comercial y de servicio.

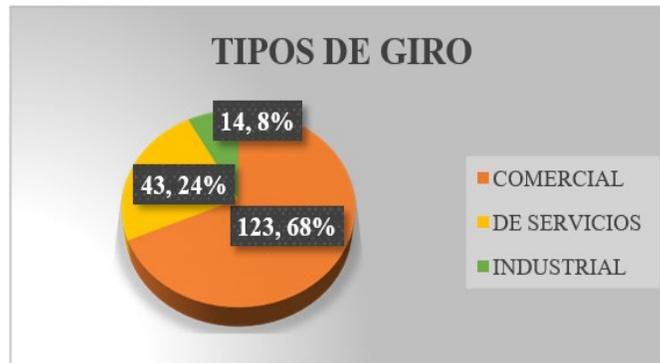


Figura 2. Giro. #Empresas/% (Fuente: Propia).

En la Figura 3 se presenta el tiempo de operación.

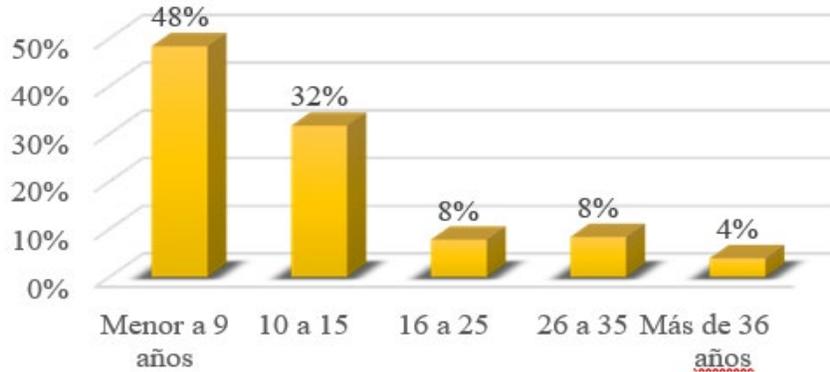


Figura 3. Tiempo de Operación (Fuente: Propia).

En la Figura 4 se puede reflexionar que la etapa de organización para las empresas familiares considera en su mayoría conocerla, sin embargo, la estructura es reducida en áreas y puestos, lo que denota falta de conocimiento de esta fase para el logro de objetivos empresariales.

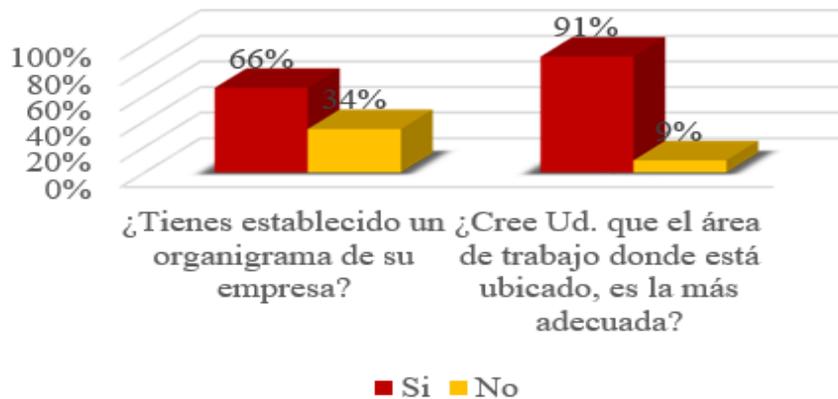


Figura 4. Organización (Fuente: Propia).

En la Figura 5 resulta interesante que en la justa mitad de las empresas existan estos atributos en igual porcentaje, lo que lleva a reflexionar sobre si es una característica

irrefutable de las empresas familiares en la zona para considerar como línea de investigación.

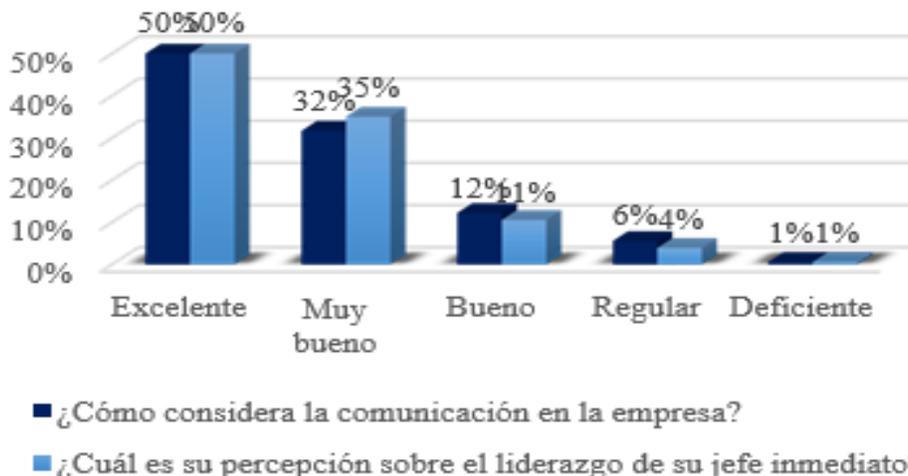


Figura 5. Dirección: Comunicación y Liderazgo (Fuente: Propia).

En la Figura 6 se observa que la motivación como estrategia en la dirección de negocios, en las empresas familiares es positiva, contrastando con la toma de decisiones, generando la interrogante; ¿casi no participan en la toma de decisiones, pero sí están motivados?

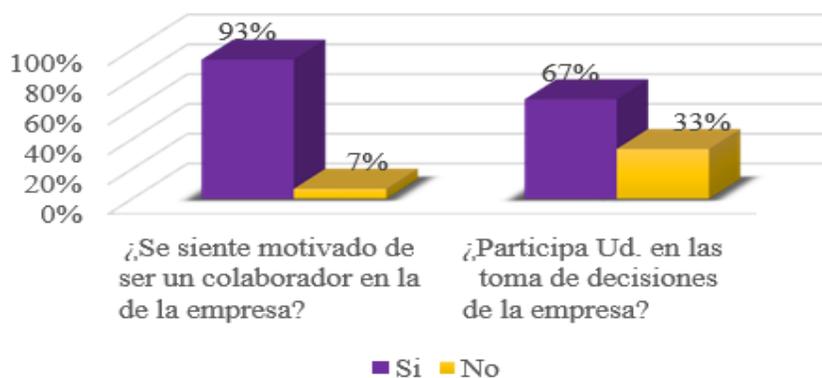


Figura 6. Dirección: Motivación y Toma de Decisiones (Fuente: Propia).

En la Figura 7 como puede verse, el control se activa prácticamente en el día a día, cuando se está en la acción, no hay medidas de prevención o solución.

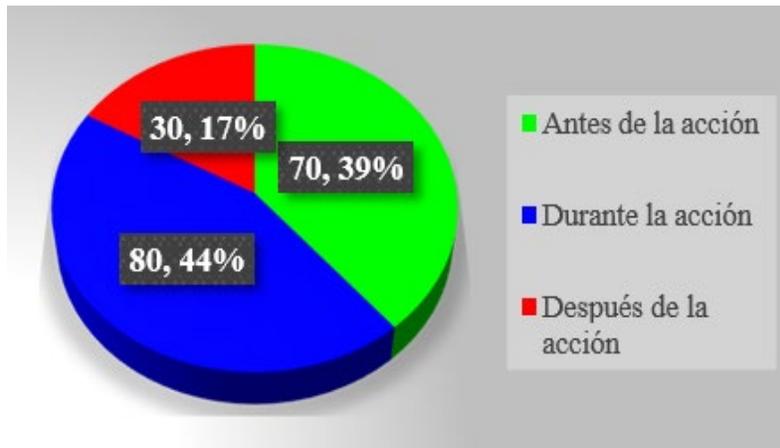


Figura 7. Control. #Empresas, % (Fuente Propia).

En la Figura 8 se observa que la mayoría de las empresas están estancadas en el crecimiento, falta la contundencia de la aplicación de la Administración adecuada en las empresas familiares para el logro de sus metas que los lleves al éxito.

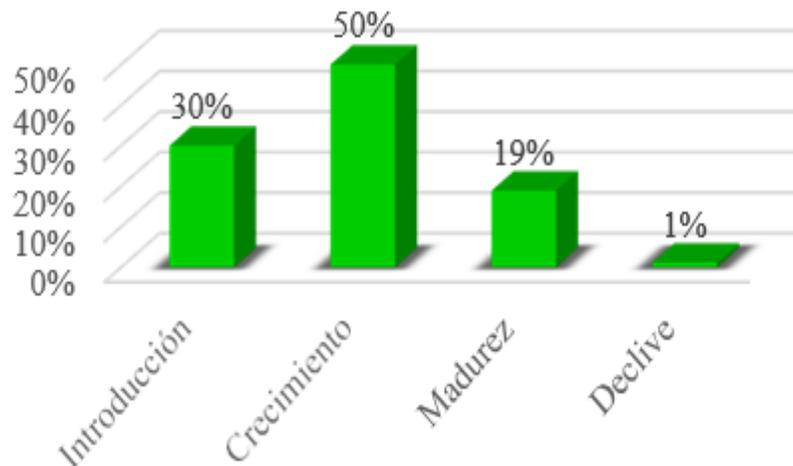


Figura 8. Impacto del Proceso Administrativo (Fuente: Propia).

En la Figura 9 se observa la congruencia con la evaluación de la postura en la etapa del ciclo de vida del producto, posicionándose en desarrollo la mayor parte de las empresas familiares.

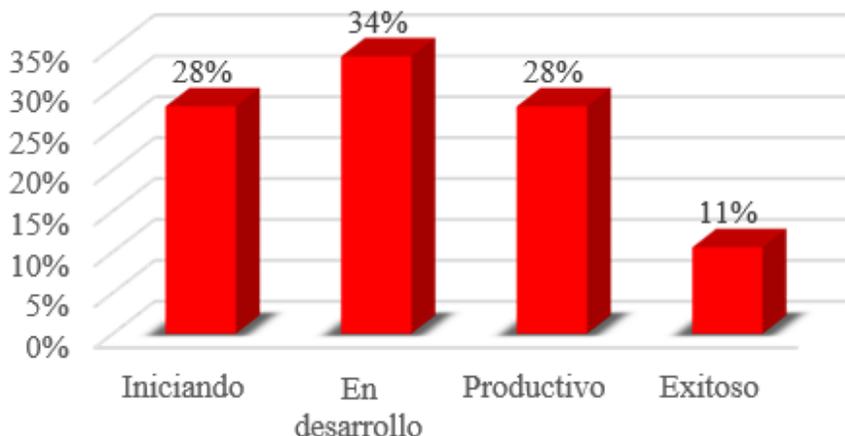


Figura 9. Control: Evaluación del Negocio (Fuente: Propia).

## Conclusión

Primeramente, se concluye el reconocimiento y confirmación del modelo y definición descrito en el marco teórico, donde se pudieron identificar las principales características propias de las empresas familiares. Es así como por lo general las empresas familiares nacen de una necesidad por crear trabajo, con base a los resultados obtenidos, es de apreciación que la situación actual de las empresas analizadas está funcionando de una manera profesional, haciendo referencia que existe un comportamiento de la dirección adecuado y un modo de administrar eficiente. Indeterminadamente, el liderazgo es eficiente, acorde a la idea de alcanzar una mejora continua con base en criterios de rendimientos objetivos y precisos. De tal forma, existe un entendimiento entre las funciones específicas de cada área y cargo gerencial y con ello también la definición dentro de un marco conceptual de los lineamientos que quiera imponer la empresa. Se requiere implementar un control de gestión integral que abarque todas las jerarquías de la empresa para que junto con un diseño de indicadores de desempeño, establecer la magnitud de los avances y medir así resultados. En algunos casos se debe asignar una clara división de las labores donde cada proceso y función quede visiblemente especificado. Por lo que el líder de la empresa debe tener determinadas competencias desarrolladas que son necesarias para llevar adelante una organización. Debe ser un

visionario y sobre todo conocer el mercado donde se desarrolla, incorporando herramientas de administración y gestión que le permitan avanzar con eficiencia. Llegada la etapa de madurez, donde ha alcanzado su más alto nivel la empresa deberá seguir innovando para mantenerse en el tiempo. A través de la cultura organizacional, los valores, tradiciones y principios que ejerce una empresa ayudan a mantener vínculos saludables dentro de la organización, la cual es fundamental para enfocarse en su crecimiento. Se concluye para que un buen proceso de Administración y profesionalización de la empresa familiar se pueda llevar adelante, la iniciativa y el compromiso debe empezar por quienes ocupan los principales puestos o posiciones jerárquicas. El éxito de la administración y gestión de las empresas familiares está, en incorporar un modelo de gestión con las herramientas necesarias para superar los obstáculos, a medida que la empresa vaya transitando las distintas etapas de su vida. Si estas empresas no se profesionalizan, es posible que no perduren en el tiempo. Con esta investigación se aborda la dinámica de estas organizaciones y de esta manera se resalta que es fundamental la Administración en las empresas familiares para su crecimiento, permanencia y continuidad.

## Referencias

- Bowen, C., & Vaca, T. (2015). Diseño de un Plan de Gestión Administrativa y Financiera para la empresa Lubripernos de la Ciudad de Guayaquil. Visionario Digital.
- D. Bork, D., Jaffe, D., Lane, S., Dashew, L., & Heisler, Q. (1997). Cómo trabajar con la empresa familiar. Ediciones Garnica, España.
- Poza, J. E. (2005). Empresas Familiares. International Thomson Editores, México.
- Flores, O. S. E. (2015). Proceso administrativo y gestión empresarial en COPROABAS, Jinotega, en el período 2010-2013. Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua.
- Bohlander, G., Sherman, A., & Snell, S. (2003). Administración de Recursos Humanos, 12ª Edición.
- Le Van, G. (2003). Guía para la supervivencia de la empresa familiar. Ediciones Deusto, España. <https://www.yucatan.gob.mx/estado/municipios.php>

Gimero, A. & Baulenas, G. (2009). Modelos de empresa familiar: Soluciones prácticas para la familia empresarial. Editorial Ediciones Deusto.

INEGI. (2019). Censos Económicos 2019. Micro, pequeña, mediana y gran empresa: estratificación de los establecimientos Obtenido de:  
[https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva\\_estruc/702825198657.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825198657.pdf)

Lea, J. W. (1993). La Sucesión del Management en la Empresa Familiar. Ediciones Gárnica, Argentina.

Amat, J. M. (2004). La Continuidad de la Empresa Familiar. Editorial Gestión, Barcelona, España.

Amat, J. M. (2004). La sucesión en la empresa familiar. Ediciones Deusto, Barcelona. España.

Bermejo, S. M. (2008). Hacia la empresa familiar líder, una visión práctica y optimista. Editorial Pearson, España.

Much, G. L. (2012). Fundamentos de Administración. Ed. Trillas. México.

Leach, P. (1993). La empresa familiar. Ediciones Garnica, Argentina.

Randel, S. C. & Ward, J. L. (2003). La planificación estratégica de la familia empresarial. Ediciones Deusto, España.

Rueda, J. F. & Rueda, M. A. (2019). Definición, importancia y análisis de la empresa familiar. *Lúmina*, (20): 8-28. DOI: 10.30554/lúmina.20.3260.2019

Robbins, S. P. (1994). Administración Teoría y Práctica. 4ta. Ed., Prentice Hall.

Yasuff, E. (2020). Plan de negocios de una empresa familiar. Trabajo de Investigación. Universidad Nacional De Cuyo. 171 pp.

## CONSTRUCCIÓN EXPERIMENTAL DEL DIAGRAMA DE EQUILIBRIO Sn-Zn MEDIANTE UNA TARJETA DAQ ECONÓMICA Y ANÁLISIS TÉRMICO

Diego Sánchez-García\*, Gonzalo Hedain López-Mera, Raúl Dalí Cruz-Morales, Jaime Hinojosa-Torres y Luis Alberto García-López  
*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán*

[\\*fescmateriales@gmail.com](mailto:fescmateriales@gmail.com)

### Resumen

El creciente uso de la robótica y la automatización requiere cada vez más de tarjetas de circuitos integrados complejas. Para la construcción de estas tarjetas es usual que se utilicen procesos de soldadura blanda, caracterizados por emplear metales de aporte con puntos de fusión por debajo de los 450 °C. Las aleaciones que se empleaban con anterioridad consistían en aleaciones binarias constituidas por Sn y Pb principalmente. Sin embargo, la naturaleza tóxica del plomo ha limitado el uso de estas aleaciones y ha restringido su uso internacionalmente. Con base en esta problemática es que el presente artículo busca investigar el sistema binario Sn-Zn, el cual presenta una reacción invariante de tipo eutectoide benéfica para los procesos de manufactura de estas tarjetas. Mediante la construcción experimental del diagrama de equilibrio de fases se pueden conocer las temperaturas y composiciones adecuadas para proponer una aleación que cumpla con los requerimientos operativos de soldadura y propiedades mecánicas necesarias para ser utilizada en la construcción de tarjetas de circuitos integrados. Se prepararon aleaciones Sn-Zn tomando en cuenta los puntos característicos del diagrama de fases teórico. Se llevaron a estado líquido y posteriormente se enfriaron lentamente hasta lograr la solidificación completa. Se obtuvieron las curvas de enfriamiento mediante una tarjeta de adquisición de datos térmicos de bajo costo, previamente diseñada e implementada dentro de la FES-Cuautitlán. Con las curvas de enfriamiento se construyó el diagrama de fases experimental y posteriormente se realizó la caracterización de propiedades mecánicas y microestructurales de las aleaciones propuestas.

**Palabras clave:** Equilibrio de fases, tarjetas de circuitos integrados, reacción eutectoide, soldadura blanda, tarjeta de adquisición de datos.

## Introducción

Dentro del campo de la metalurgia es de suma importancia obtener y conocer el diagrama de fases de las aleaciones que se emplearán en distintos procesos, ya que con ello podemos obtener información valiosa en lo que respecta a las temperaturas de fusión, las temperaturas de colado, cristalización y/o de procesamiento de tratamientos térmicos (Callister & Rethwisch, 2020). No se debe pasar de lado que la fuerte correlación del desarrollo microestructural con las propiedades mecánicas es fundamental para los materiales de ingeniería. El creciente desarrollo y demanda comercial en la automatización, robótica y electrónica impacta directamente en los procesos de manufactura para la creación de tarjetas de circuitos integrados cada vez más complejas y potentes. La fabricación de estos dispositivos se realiza mediante la unión de los circuitos integrados (CI's) sobre una tarjeta de circuitos impresos (por sus siglas en inglés PCB) (Montrose, 2004) y (Joy & Ciesielski, 1992). La fijación de los componentes con la PCB se realiza comúnmente por medio de soldadura blanda. La soldadura blanda consiste en usar materiales metálicos de aporte que tengan un punto de fusión menor a 450°C; que puedan ser llevados a estado líquido por fuentes de calor comunes como resistencias eléctricas o por pistolas de aire caliente especializadas (Committee, Lienert, & for Metals. Joining Division, 2011). Otra característica de este tipo de soldadura es que no promueve la fundición del material base, únicamente promueve la unión de los componentes con el sustrato (Li *et al.*, 2020). De forma general, para lograr una unión adecuada debe desarrollarse una buena mojabilidad entre el metal de aporte y los componentes a unir, debe generarse un punto de fusión adecuado para que el metal líquido fluya y desarrollar una microestructura resistente a la termofluencia y a la fatiga mecánica y térmica, todo esto promoviendo una buena conductividad eléctrica (Yang *et al.*, 1995).

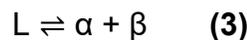
Atendiendo las particularidades de los procesos de unión de la soldadura suave, durante mucho tiempo y hasta los últimos 100 años (Ismail *et al.*, 2022) se han utilizado materiales a base de Pb y Sn, ya que este sistema de aleación a presión constante presenta un diagrama de fases binario eutéctico, esto se puede demostrar haciendo uso de la ecuación 1 de donde se pueden obtener el número de variables o grados de libertad que hay en cada región del diagrama de equilibrio (Callister & Rethwisch, 2020).

$$P + F = C + N \quad (1)$$

Donde:  $P$  es el número de fases presentes en la porción del diagrama;  $F$  indica el número de grados de libertad o las variables que pueden moverse;  $C$  representa el número de componentes que integran el sistema, en este caso Sn y Pb y  $N$  corresponde a las variables no composicionales como la presión y temperatura, por lo tanto,  $N = 2$ , pero recordando que para sistemas metalúrgicos a presión constante  $N$  toma el valor de uno. Considerando que se está trabajando con sistemas binarios  $C = 2$  lo que transforma la ecuación 1 en  $P + F = 2 + 1$  dando origen siguiente ecuación:

$$F = 3 - P \quad (2)$$

De la ecuación 2 el valor de  $P$  se define por el número de fases presente en la región del diagrama que se esté estudiando. De tal forma que para el sistema Pb-Sn a la composición química de 61% de Sn en Pb a 183°C se da la reacción invariante eutéctica (Aindow, *et al.*, 2017), en la cual coexisten tres fases, por lo tanto,  $P = 3$  y consecuentemente  $F = 0$ . Por arriba o por abajo de este punto invariante, la transformación de fases se da de acuerdo con la ecuación 3.



El abatimiento del punto de fusión hace que esta aleación sea idónea para los propósitos de soldadura blanda, así mismo el desarrollo de la microestructura laminar pose propiedades mecánicas sobresalientes. Sin embargo, existe la preocupación ambiental sobre el uso del plomo, ya que este puede filtrarse hacia los mantos freáticos; el plomo propicia efectos adversos sobre la salud humana, ya que es un tóxico acumulable en la

sangre que afecta el sistema respiratorio, circulatorio, gastrointestinal, cardiovascular, inmune y renal (OWH, 2023). Debido a estas razones es que se motiva a desarrollar aleaciones libres de plomo. Actualmente, existen diversas de aleaciones libres de plomo (Bastow, 2003; Pullao *et al.*, 2019) por ejemplo:

52%In-48%Sn; 91.8%Sn-3.8%Ag-4.8%Bi; 57%Bi-43%Sn; 99.3%Sn-0.7%Cu y 95.5%Sn-3.8%Ag-0.7%Cu.

Investigar aleaciones que contengan zinc dentro de sus componentes constitucionales se debe a que México es un importante productor de Zn, se sitúa en el número ocho a nivel mundial (De Economía, 2023), lo que lo hace relativamente económico.

La construcción de un diagrama de fases binario se realiza por medio de difracción de rayos X, conductividad eléctrica, dilatometría, análisis teórico de energía libre y análisis térmico. En este trabajo se optó por la técnica de análisis térmico de curvas de solidificación, dada su sencillez y fiabilidad. Con esta técnica implícitamente se contempla la calidad de los materiales base, ya que suele ser normal que se utilicen metales comercialmente puros y no metales de alta pureza.

## Objetivo

Investigar el sistema binario Sn-Zn a través de la construcción experimental del diagrama de equilibrio de fases. Estudiar las propiedades mecánicas y la microestructurales de posibles aleaciones binarias pertenecientes a este sistema.

## Materiales y métodos

Se analizó y se decidió hacer dos aleaciones representativas del sistema Sn-Zn, las cuales correspondía a las siguientes proporciones: Sn-60%Zn y Sn-15% Zn, de forma análoga se decidió realizar los análisis térmicos de las curvas de enfriamiento de los constituyentes puros. Para la realización de las fundiciones se utilizaron materiales

comercialmente puros de Sn y Zn. Para llevar a cabo la fusión de los componentes puros y obtener las aleaciones deseadas se utilizó un horno eléctrico de fundición marca JELRUS con un crisol de grafito con una capacidad de 600g. La medición del tiempo de solidificación y la transición de temperaturas se obtuvo mediante una tarjeta de adquisición de datos basada en Arduino (Sánchez *et al.*, 2022). Posteriormente, se llevó a cabo la construcción y análisis de las curvas de enfriamiento para obtener los puntos de transición, lo cuales posteriormente se graficaron para la construcción del diagrama de fases experimental. Las aleaciones obtenidas fueron caracterizadas por medio de un estudio metalográfico mediante el cual se determinó la cantidad y tipo de fases presente en las muestras obtenidas. Finalmente, la aleación Sn-60% Zn fue elegida para la evaluación de las propiedades mecánicas en tracción, para lo cual se utilizó una máquina universal de ensayos FMCC 100 con una capacidad nominal de 100 kN.

*Procedimiento para la obtención de las curvas de enfriamiento de los constituyentes puros:*

En el crisol de grafito se colocaron 100 g de Zn posteriormente se calentó a una temperatura de 750 °C, esto con el fin de poder censar las transiciones durante la solidificación. Una vez alcanzada esta temperatura se procedió a insertar un termopar tipo K dentro del baño metálico, el cual se dejó ahí hasta completar la solidificación, posteriormente realizó el manejo de datos, durante esta operación se volvió a introducir el crisol al horno para volver a fundir y extraer el termopar. Para el caso del Sn se repite el procedimiento anterior, con una temperatura de 450 °C.

*Obtención de la curva de enfriamiento de sistemas binarios de Zn-Sn:*

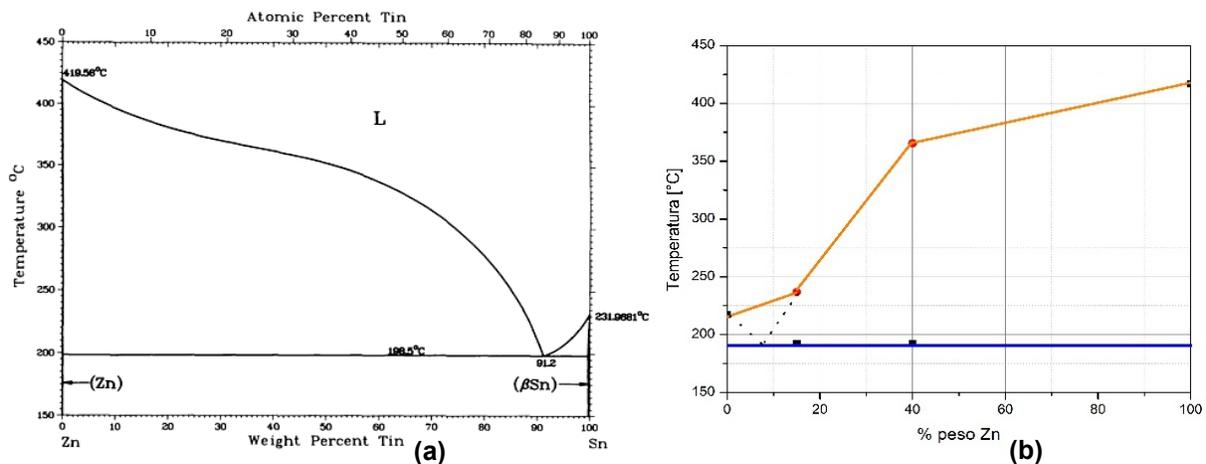
Con una balanza analítica digital, para la primera aleación se pesaron 140 g de hojuelas de Sn (85% peso) y 24.71g de Zn (15% peso), para la segunda aleación se pesaron 104 g de Zn (65% peso) y 56 g de Sn (35% peso). Las mezclas sólidas fueron fundidas en el crisol de grafito a una temperatura de 600 °C y posteriormente fueron vaciadas en un

crisol de grafito cilíndrico previamente calentado a 500 °C. En este segundo crisol fueron obtenidos los datos para la construcción de las curvas de enfriamiento, posteriormente se extrajo el cilindro metálico con el termopar incrustado y se volvió a fundir para extraer el termopar y realizar el colado del metal fundido en lingoteras de grafito, esto con el fin de obtener la muestra para ser caracterizada.

### *Obtención de las propiedades mecánicas en tracción de la aleación Sn-65%Zn:*

Se realizó nuevamente el pesaje y preparación de los constituyentes para obtener 350 g de la aleación a evaluar, se llevó a temperatura de fusión y se vació en un molde metálico permanente de acero en forma de probeta cilíndrica de tracción, de acuerdo con la norma ASTM E8, el cual fue previamente precalentado a 250 °C.

## Resultados



**Figura 1. Diagrama de fases sistema Zn-Sn: (a) Diagrama teórico (Baker, 1992).  
(b) Diagrama obtenido experimentalmente (Autoría propia).**

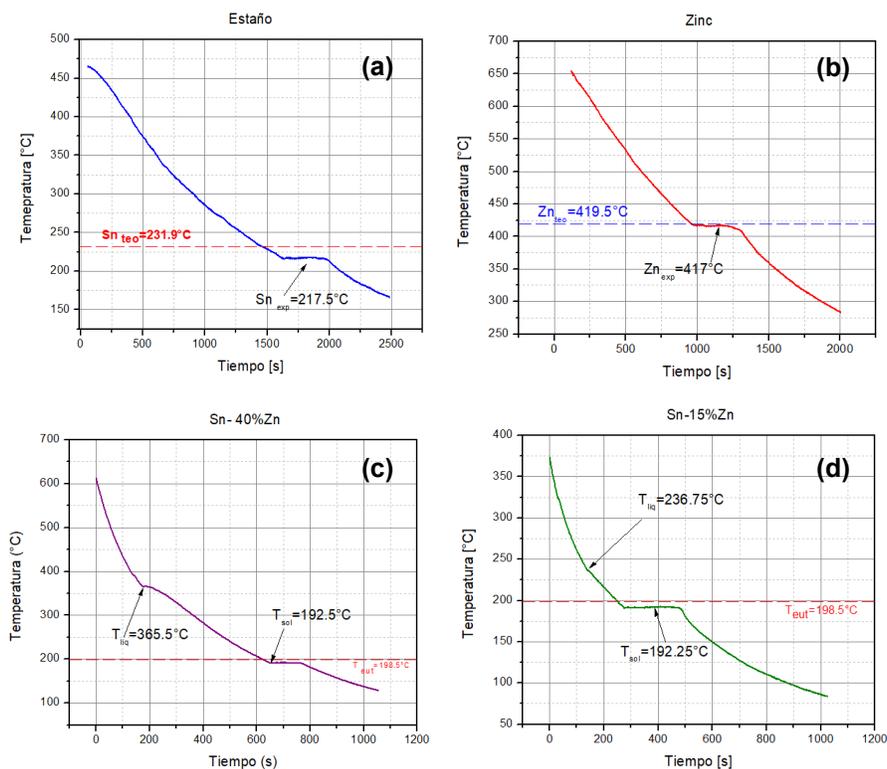


Figura 2. Curvas de enfriamiento experimentales obtenidas con la tarjeta DAQ de bajo costo (Autoría propia).

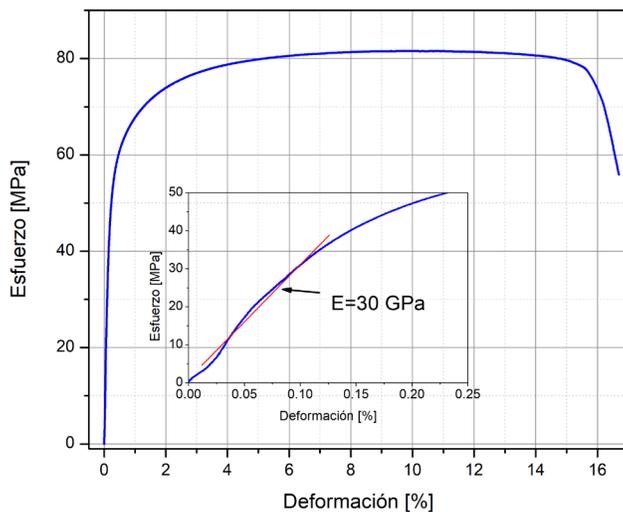
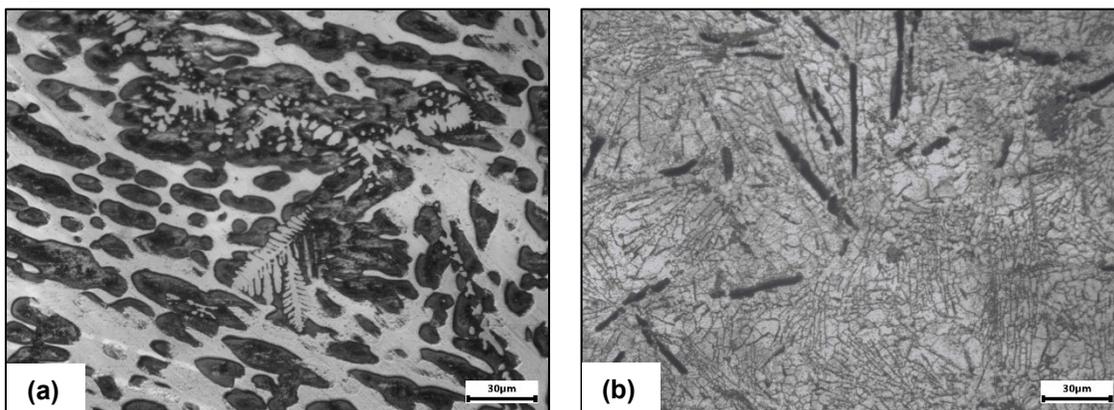


Figura 3. Curva esfuerzo-deformación aleación Sn-40% Zn (Autoría propia).



**Figura 4. Fotomicrografías de las aleaciones Sn-40% Zn y Sn-15% Zn, respectivamente, ataque químico por inmersión con  $C_2H_6O$ -2%  $HNO_3$  a 500X (Autoría propia).**

## Discusión

De las curvas de enfriamiento mostradas en la Figura 2, se puede destacar que la tarjeta de adquisición de datos y la técnica de experimentación permite registrar los cambios de pendiente asociados a la nucleación y crecimiento de fases, la aproximación es considerablemente buena con un error menor al 5% a excepción de la temperatura de solidificación del Sn puro. Esto puede deberse a la pureza del metal o a una posible perturbación en el sistema de medición. Por otra parte, la altimetría del Estado de México contribuye para que esta temperatura tenga una ligera desviación con respecto al valor teórico. El diagrama de fases experimental obtenido tiene una aproximación aceptable al diagrama reportado en la literatura especializada. Sin embargo, deben de realizarse aleaciones con una composición entre un 5-9% peso de Zn para poder captar la reacción invariante y poder completar el punto eutéctico en el diagrama experimental. Finalmente, la microestructura obtenida para la aleación Sn-40% Zn, Figura 4a, presenta dendritas bien distribuidas e intercaladas de ambos constituyentes de la aleación, es por esta razón que se decidió realizar la prueba de tracción en esta aleación, esperando obtener mejores propiedades mecánicas para proponer su viabilidad o descartar el uso de estas aleaciones como posible sustituyo del sistema Pb-Sn.

## Conclusión

Por medio del análisis térmico de curvas de enfriamiento obtenidas por un prototipo de tarjeta de adquisición basada en Arduino® de bajo costo, fue posible construir el diagrama de fases experimental para un sistema binario Sn-Zn. El interés de este sistema radica en que es prometedor para investigar y desarrollar materiales de aporte para soldadura blanda libres de plomo. Se encontró que la exactitud del diagrama experimental en comparación con su contraparte teórica es aceptable. Como resultado de la caracterización metalográfica se destaca el desarrollo microestructural dendrítico desarrollado en la aleación Sn-40% Zn, Figura 4a. Esta microestructura puede ser benéfica en aplicaciones de unión de componentes electrónicos, ya que hasta este punto temprano de la investigación aparecen perfectamente divididas las fases constituyentes y no hay evidencia de la formación de compuestos intermetálicos complejos que disminuyan la conductividad eléctrica. Sin embargo, es necesario seguir investigando y caracterizando de mejor forma las aleaciones propuestas con el fin de validar o descartar su uso.

### Agradecimientos

En esta sección se busca dar un reconocimiento explícito por el apoyo brindado a los proyectos PIAPIME 1.31.27.23, 1.31.19.23; PAPIIME PE103023 y PAPIIT IA102323..

### Referencias

Aindow, J., Yu, H., Bellinger, M. A., & Aindow, M. (2017). Eutectic Solidification in Zn-Sn Binary Alloys: An Experiment for High Schools. *Microscopy and Microanalysis*, 23(S1), 2304-2305.

Baker, H., & Committee, A. I. H. (1992). ASM Handbook: Volume 3 alloy and phase diagrams. ASM.

Bastow, E. (2003). 5 solder families and how they work: low melting-temperature alloys are vital to successful electronics assembly. *Advanced Materials Processes*, 161(12), 26. Recuperado de:

<https://link.gale.com/apps/doc/A111621378/AONE?u=anon~3b536d3b&sid=bookmark-AONE&xid=c8a35258>.

Callister, W., & Rethwisch, D. (2020). Callister's materials science and engineering. Wiley.

Committee, A. I. H., Lienert, T., & for Metals. Joining Division, A. S. (2011). Asm handbook, volume 6a: Welding fundamentals and processes. ASM International.

De Economía, S. (2023). Minería. Consulta: 30/08/2023 de:  
<https://www.gob.mx/se/acciones-y-programas/mineria>.

Ismail, N., Atiqah, A., Jalar, A., Bakar, M., Rahim, R., Ismail, A., & Keng, L. (2022). A systematic literature review: The effects of surface roughness on the wettability and formation of intermetallic compound layers in lead-free solder joints. *Journal of Manufacturing Processes*, 83, 68-85.

Joy, D., & Ciesielski, M. (1992). Layer assignment for printed circuit boards and integrated circuits. *Proceedings of the IEEE*, 80 (2), 311-331. doi:10.1109/5.123300.

Li, Y., Chen, C., Yi, R., & Ouyang, Y. (2020). Special brazing and soldering. *Journal of Manufacturing Processes*, 60, 608-635.

Montrose, M. (2004). *Emc and the printed circuit board: Design, theory, and layout made simple*. Wiley.

OWH (Organization World Health). (2023). Preventing disease through healthy environments: exposure to lead: a major public health concern.

Pullao, J. A., De Micco, G., & Fouga, G. G. (2019). Fabricación y uso de aleación de Bi/Pb/Sn para enseñar el concepto de punto eutéctico. Reunión Nacional de Educación en Física-REF XXI.

Sánchez, G. C. V. (2013). Fabricación y caracterización de aleaciones para soldaduras libres de plomo base SN-ZN microaleadas. Tesis Facultad de Ingeniería. UNAM. 69 pp.

Yang, W., Felton, L. E., & Messler, R. W. (1995). The effect of soldering process variables on the microstructure and mechanical properties of eutectic Sn/Cu solder joints. *Journal of Electronic Materials*, 24, 1465-1472.

## REHABILITACIÓN Y CONTROL DE BANDA FLEXIBLE DE MANUFACTURA CON PROGRAMACIÓN POR PLC

Raúl Dalí Cruz-Morales\*, Víctor Hugo Morales-Méndez, Gonzalo Hedain López-Mera,  
Diego Sánchez-García, David Tinoco-Varela

*Departamento de Ingeniería. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán - UNAM.*

\*[rdcruz@comunidad.unam.mx](mailto:rdcruz@comunidad.unam.mx)

### Resumen

El presente trabajo muestra la rehabilitación y reconfiguración de la banda de transporte para sistemas de manufactura flexible ubicada en el Laboratorio de Ingeniería Mecánica Eléctrica 3 (LIME 3), esta banda fue habilitada nuevamente, se realizó un levantamiento de campo para ubicar y conocer cuáles eran las señales de entrada y salida del PLC que controlan a toda la banda, señales de entrada como botones y sensores inductivos que dan movimiento a las bandas, los topes y elevadores neumáticos que realizan las maniobras. Después de realizar el levantamiento de campo, y tener la ubicación de cada señal de entrada y salida, se comenzó a realizar pruebas sobre el uso de cada elemento que compone a la banda, es decir, se comenzó a programar cosas sencillas para ver cómo trabajan los motores de las bandas principales, las electroválvulas de elevación de cada banda para los pallets y las electroválvulas de cada tope, así como las ubicaciones ya establecidas de las bandas y de los sensores. Ya colocados de manera correcta los dispositivos que componen el sistema de banda, se comenzó a programar, haciendo uso de todos los elementos que componen a este sistema. En primera instancia se programó para que se accionaran una a una las bandas, hasta que un sensor detectara presencia del pallet, de ahí se configuró para que un sensor al final de la banda activada dejara pasar el pallet por la siguiente banda y que el siguiente pallet el mismo sensor la enviara en una dirección diferente a la banda. De manera similar, se programaron cada una de las bandas identificando los sensores de entrada y salida para saber qué salidas tenían en relación con el PLC y poder realizar las configuraciones necesarias en la programación

de este. Toda la reconfiguración y reprogramación se realizó con ayuda de estudiantes de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica, y de servicio social.

**Palabras clave:** Control, PLC, automatización, banda transportadora, sistemas flexibles de manufactura.

## Introducción

La modernización en los procesos de producción se ha dado de manera muy rápida, la necesidad de automatizar los procesos es cada vez más grande. En décadas atrás, los procesos industriales eran realizados por maquinaria que se accionaba y se monitorizaba manualmente por un operario, el operario tenía que estar al tanto de factores para que la máquina realizara su trabajo de manera eficiente, por lo que, en una línea de producción compleja, se tenía que aumentar el número de personal de monitoreo, lo que tenía como efecto inmediato más errores y más costos para una línea de producción, esto porque se dependía de la eficiencia de cada operario.

Los procesos industriales se volvieron más complejos, la demanda y la exigencia aumentaba, por lo que se hizo necesaria la automatización, para disminuir los costos y los tiempos, aumentando el número de producción. Al principio se fueron implementando sistemas automatizados con dispositivos como relés y temporizadores, donde sus acciones eran muy específicas y limitadas, por lo cual, para poder automatizar una línea de producción, se tenía que realizar una gran inversión; más para aquellos procesos donde se tenían que realizar muchas acciones, siendo muy compleja la lógica que se tenía que seguir para que funcionaran de manera óptima, siendo muy susceptibles a fallas.

La necesidad actual es mejorar la automatización de los procesos industriales, principalmente aquellos procesos que son más complejos, donde su número de acciones o especificaciones a seguir son más extensos, por lo cual, surge el uso de los controladores lógicos programables.

Los controladores lógicos programables (PLC's) consisten básicamente en una CPU (unidad central de procesos), áreas de memoria y circuitos integrados para gestionar los datos de entradas y salidas, el tener este dispositivo es como si contáramos con cientos de relés, de temporizadores, contadores y dispositivos de almacenamiento. Actualmente, la importancia del uso de los PLC recae en que ofrece posibilidades infinitas de uso, este dispositivo nos ofrece un control parcial o total de una línea, control que no obteníamos con el uso de cientos de relés, temporizadores e interruptores.

Las ventajas del uso de los PLC son extensas, estos dispositivos nos brindan primero la posibilidad de controlar más de una máquina a la vez, dándole más dinamismo a los procesos, contribuyendo con ahorro de tiempo, dispositivos y mano de obra en los procesos y con mayor calidad en los mismos. Este dispositivo puede realizar el trabajo de cientos de dispositivos, lo cual, genera un ahorro en la infraestructura y en el reemplazo de estos, siendo más bajo el costo de adquisición y de mantenimiento, además que se pueden hacer miles de configuraciones con mayor facilidad.

El PLC en la industria es un dispositivo elemental para la automatización de procesos, por lo que, es de suma importancia desarrollar habilidades y conocimientos en automatización y electrónica, circuitos lógicos, hardware y software del PLC, así como las normas y estándares sobre el control eléctrico.

En este artículo se enmarca la relevancia que tiene el rehabilitar la banda transportadora del Laboratorio de Ingeniería Mecánica Eléctrica (LIME) 3 de Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la UNAM, esta banda es una representación de una línea de producción, ya que contiene los elementos principales de una línea de producción real, la banda ayudará a los alumnos a fortalecer y adquirir todas aquellas habilidades necesarias para hacer la programación de una línea de producción, a través de un controlador lógico programable, manteniendo a la vanguardia al alumnado.

Rehabilitar y mejorar el equipo existente para fortalecer la enseñanza teórico-práctica de las diferentes materias de la ingeniería de la facultad, motivando al alumnado a formar parte de proyectos.

### **Desarrollo del tema**

La rehabilitación del sistema de bandas es tiene como fin ponerlas nuevamente en marcha para que los alumnos de ingeniería puedan aplicar los conocimientos adquiridos, tomándola como una de las herramientas didácticas más importantes con las que cuenta la facultad.

Para poder rehabilitar un sistema, se tiene que ver las fallas con las que cuenta, pero antes de accionar el sistema de las bandas y ver en funcionamiento su configuración, se deben de analizar un poco los dispositivos que son parte del sistema de bandas y tener una idea de cómo iba a funcionar en conjunto. Primero, se debe identificar qué dispositivos formaban parte del tablero de control, el tablero contiene dispositivos de protección como guardamotores y disyuntores, equipos para variar la frecuencia y equipos de accionamiento, como lo son los relés y contactores, y el PLC que es el encargado de ejecutar los accionamientos en el sistema de bandas. Dentro del sistema de bandas contamos con diversos dispositivos de accionamiento como motores, electroválvulas, y lámparas de señalización. Antes de accionar el sistema es necesario determinar el estado en el que se encontraban los equipos, ver si todos los dispositivos estaban bien conectados, por si algún cable o manguera de aire estaba fuera de su lugar, y que, al accionar el sistema, no se dañara algún equipo.



Figura 1. Módulo de control del sistema de bandas.



Figura 2. Sistema que conforma a la banda de manufactura flexible.

Tomando las precauciones necesarias, se encendió el tablero para observar si todos los dispositivos del tablero, principalmente el PLC, funcionaban correctamente, se procedió a realizar el protocolo de conexión entre el PLC y la computadora con ayuda del software del fabricante del PLC para determinar si el PLC contaba con un programa dentro de su memoria (Ramírez, 2001). Dentro del software nos señaló la existencia de un programa el cual se procedió a descargar, el contenido de este programa es un apoyo para entender cuál era el uso y la configuración de los dispositivos en las posiciones en las que se encontraron.

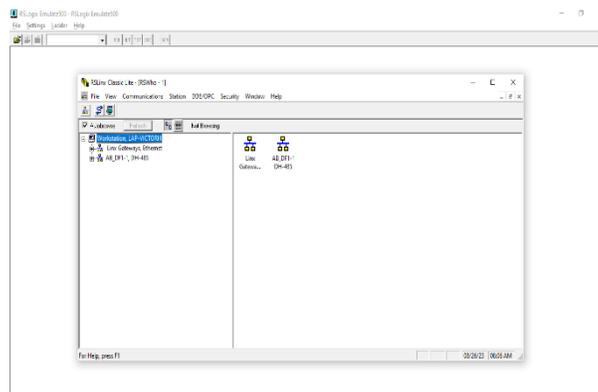


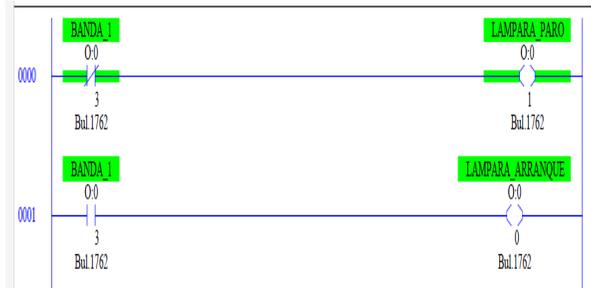
Figura 3. Protocolo de comunicación entre el PLC y la computadora

Varios de los equipos del sistema de bandas se encontraban con etiquetas que determinaban el número de entrada o salida a la que estaban conectados en el PLC, el saber qué número de entrada o salida es de suma importancia, ya que en la programación, al momento de darle la instrucción de ejecutar una acción a un dispositivo, se le asigna con este número, pero no todos estaban etiquetados, por lo que el estudiar el programa y entenderlo con base en el posicionamiento de cada elemento nos ayudó a determinar los números faltantes y ver qué elementos ya no estaban funcionando conforme a la configuración que se tenía y determinar qué dispositivos se iban a reposicionar o reconfigurar.



**Figura 4. PLC que controla el sistema de bandas.**

Al identificar varias de las entradas y salidas, y analizando el programa y las etiquetas que se tenían, se entendió la función del programa que estaba ya cargado, accionando la banda, se comprobó la ubicación de las salidas y de las entradas y ver cuáles no encendían (Monzó, 2013), después de hacer el estudio del programa se determinó que estaban mal programados.



**Figura 5. Programación para la identificación de salidas.**

Se empezaron a realizar cambios en la programación y configuración de los dispositivos, realizando programaciones para la identificación de las entradas y salidas faltantes, en estas se colocaba una línea de programación con una entrada o salida ya conocida para conocer una faltante, por ejemplo, se sabía que la entrada 1 era un sensor, pero no se sabía qué dispositivo estaba conectado a la salida 10, por lo que hicimos una programación para que el sensor activara únicamente la salida 10 y así poder ver que se accionaba en el sistema de las bandas, de esta manera se encontraron las salidas restantes, determinando que todos los dispositivos del sistema de bandas funcionaban.



**Figura 5. Programación para la identificación de salidas.**

MODULO CONTROL LINE 3			
PLC Micrologix 1200			
ENTRADAS		SALIDAS	
PLC	FISICA	PLC	FISICA
0	Botón De Paro	0	Lampara De Arranque
1	Botador De Reset Switch De Arranque	1	Lampara De Paro
2		2	Alarma
3	Cuadramotor	3	Banda 1
4		4	Banda Para Pallet De La Banda 1
5		5	Banda Para Pallet De La Banda 2
6	Cuadramotor	6	Banda 2
7		7	Banda 3
8	Cuadramotor	8	Electrovalvula Para La Elevación De Los Pallets Banda 3
9		9	Banda Para Pallet De La Banda 4
10	Cuadramotor	10	Banda 4
11	Sensor 2 Banda 1	11	Electrovalvula Tope Banda 1
12	Sensor 2 Banda 2	12	Electrovalvula Tope Banda 2
13	Sensor 2 Banda 3	13	Electrovalvula Tope Banda 3
14	Sensor 1 Banda 4	14	Electrovalvula Tope Banda 4
15	Sensor 1 Banda 2	15	Electrovalvula Para La Elevación De Los Pallets Banda 1
16	Sensor 1 Banda 3		
17	Sensor 3 Banda 4	0	Electrovalvula Para La Elevación De Los Pallets Banda 2
18	Sensor 2 Banda 4	1	Electrovalvula Para La Elevación De Los Pallets Banda 3
19		2	Banda Para Pallet De La Banda 3

**Figura 6. Listado de la identificación de las entradas y salidas.**

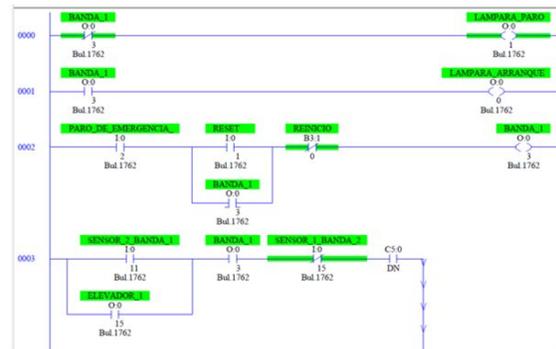
Cada una de las acciones se realizó en conjunto con los alumnos de ingeniería para que recordaran y reforzaran sus conocimientos sobre el uso y la configuración de los dispositivos de control electromecánico y, programación en diagrama de escalera, haciendo énfasis en las peculiaridades que el software del fabricante del PLC, al realizar la conexión entre computadora y PLC y a la hora de hacer uso de los elementos de

programación, por ejemplo, el conocer la nomenclatura que se debe de seguir para determinar las acciones que se le daban a una salida y para dictaminar qué entrada debía de dar la señal inicial, así como la forma que se debían asociar las acciones que cada temporizador y contador debían de ejecutar

Con un conocimiento más amplio sobre la programación e identificadas las entradas y salidas del sistema de la banda, se empezó a planear la posición de las bandas, posicionarlas de tal forma que se utilicen las herramientas que el software de programación nos brinda, sin necesidad de modificar la posición de los sensores o de las bandas.



**Figura 7. Alumnos de ingeniería aplicando los conocimientos sobre la programación de un PLC para el sistema de bandas.**



**Figura 8. Programa que los alumnos programaron para el sistema de bandas.**

En la planeación del posicionamiento del sistema de bandas, se tenían que reposicionar y reajustar los sensores, este reajuste fue sobre qué punto a lo largo de la banda se debía de colocar y a que distancia debía estar para que detectara los pallets, otra de las cosas que se hicieron fue la nivelación de las 4 bandas en conjunto para que al momento de que el pallet pasara entre las bandas estas no se detuvieran.

El reajuste de los dispositivos se realizó a la par que se impartía un curso de PLC, la planeación fue enseñar los elementos de programación para que en la ejecución se observara si se tenía que hacer un reajuste, de esta forma se impartió el curso mientras se rehabilitaba el sistema de las bandas, en el curso se enseñó cómo se asignan los

nombres a cada elemento para que el PLC active la salida con la entrada asignada, así como el enclavamiento de una acción, el uso de temporizadores, contadores, etc.

De esta forma se fue rehabilitando e impartiendo el curso, de manera que mientras los alumnos aumentaban la complejidad de la programación, también aumentaba el número de dispositivos que se usaban del sistema de bandas, lo cual permitía hacer ajustes cada vez más precisos, llegando al punto en el que se utilizó por completo todo el sistema, dando como resultado la rehabilitación completa del sistema de bandas y en los alumnos un gran aprendizaje sobre la programación de un PLC para la automatización de una línea de producción real a escala (Pérez, 2010).



Figura 9. Nivelación y calibración de las bandas.



Figura 10. Reacomodo de las bandas.

El que los alumnos puedan utilizar este sistema de bandas representa una gran motivación, ya que aquí podrán emplear los conocimientos teóricos-prácticos en las materias de ingeniería que se imparten en la facultad. El poder usar este sistema de bandas, les dará a los alumnos una idea mucho más cercana de todo lo que conlleva automatizar una línea de producción en la industria (Tenorio, 2021).

## Conclusión

La rehabilitación de la banda transportadora representa un desarrollo en las habilidades que los estudiantes pueden adquirir, ya que podrán reafirmar los conocimientos teóricos-prácticos de las materias impartidas en el plan de estudios de la facultad, esta rehabilitación es una ventana de oportunidad para mejorar las prácticas que se realizaban, ya que ahora se cuenta con un material didáctico más complejo con la posibilidad de generar un trabajo futuro. Este artículo motivará al alumno a formar parte de este tipo de proyectos, donde implementen sus ideas para la mejora del equipo didáctico, dando como resultado la adquisición de nuevas habilidades y conocimientos sobre el proceso, y de equipo más actualizado, contribuyendo en la formación de los futuros ingenieros.

### **Agradecimientos**

Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE103023, PE103223 y PAPIIT IA 102323.

### **Referencias**

- Monzó, S. R. (2013). Automatismos Industriales. Conceptos y procedimientos. Nau libres.
- Pérez, R. J. (2010). Automatización industrial (Primera edición). Universitat Jaume 1.
- Ramírez, C. C. (2001). Controladores lógicos programables. Universidad de Chile, Facultad de ciencias.
- Tenorio, V. M. (2021). Breve Ensayo Sobre el PLC y su Importancia en la Industria. Universidad Tecnológica Israel.

## EASYPower, TECNOLOGÍA DIGITAL PARA LA ENSEÑANZA DE LA INGENIERÍA ELÉCTRICA

Ángel Isaías Lima-Gómez\*, Jesús Jatzel Olvera-López e Isaías Rafael Espinosa-Moreno  
*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM*

[\\*ligaz@comunidad.unam.mx](mailto:*ligaz@comunidad.unam.mx)

### Resumen

La utilización de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y las posibilidades que ofrecen los softwares en las diferentes áreas del conocimiento, proporcionan a los docentes nuevas posibilidades de crear materiales didácticos virtuales que motiven el aprendizaje de los estudiantes. El presente trabajo describe la aplicación y análisis del software “EasyPower”, como laboratorio virtual para apoyar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las asignaturas Instalaciones Eléctricas (asignatura obligatoria de plan de estudios de Ingeniería Mecánica Eléctrica Plan 2012), Control y Monitoreo de la Energía y Sistemas de Distribución (asignaturas del módulo terminal de utilización de la energía), el cual es utilizado especialmente en los cálculos de selección y características de los conductores eléctricos, diseño, selección y coordinación de protecciones eléctricas así como el análisis de corrección del factor de potencia. En la aplicación es posible ingresar distintos tipos de protecciones normalizadas más utilizadas, obtener diagramas eléctricos bajo norma IEC o ANSI y análisis de flujo de carga y cortocircuito que son importantes para el estudio de los sistemas eléctricos. La finalidad del trabajo es mostrar el impacto en el aprendizaje significativo que tiene la implementación de este recurso computacional en los estudiantes de Ingeniería Mecánica Eléctrica que se orientan hacia su formación eléctrica.

**Palabras clave:** EasyPower, Laboratorio virtual, TIC.

### Introducción

La carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM en conformidad con las necesidades expuestas en sus planes de estudios en asignaturas como Instalaciones Eléctricas (asignatura obligatoria), Sistemas de Distribución y Control y Monitoreo de la Energía (asignaturas del módulo terminal de utilización de la energía), refieren la necesidad de utilizar software en los temas de estudios, pues permite facilitar el análisis de cálculos y obtener respuestas en muy cortos períodos de tiempo de resultados de estudio de diagramas de sistemas eléctricos, además de insertar y aplicar en las temáticas de estudio el análisis a través de laboratorios virtuales en los planes expuestos.

EasyPower es una herramienta de ingeniería asistida por computadora para el análisis y diseño de sistemas eléctricos de potencia industriales, pues integra completamente las funciones de cortocircuito, flujo de potencia, coordinación de dispositivos de protección y base de datos bajo el control interactivo gráfico del diagrama unifilar, le permite trabajar directamente desde el diagrama unifilar, también tiene una interfaz interactiva y fácil de utilizar diseñada para el análisis eficiente y preciso de sistemas y diagramas eléctricos.

### **Objetivo**

Utilizar EasyPower en la Carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica.

Resolver ejercicios con el software EasyPower.

Diseñar diagramas unifilares en sistemas ANSI e IEC.

### **Materiales y métodos**

*Para el desarrollo de este proyecto, se utiliza una metodología experimental.*

1. Solicitar de acuerdo con la asignatura de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica plan 2012 de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM (cuautitlan.unam.mx, 2023) el permiso para descargar e instalar el software para uso institucional con el acuerdo con EasyPower, LLC (EasyPower, 2023).



eléctricos de potencia, selección y coordinación de protecciones en baja y media tensión, así como diseño de diagramas eléctricos en formato ANSI e IEC

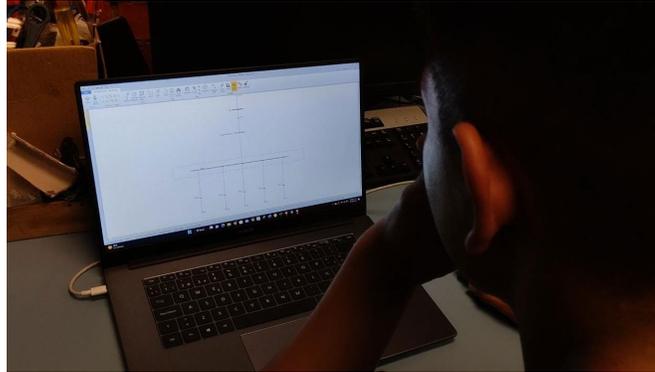


Figura 3. Estudiantes de FESC realizando diagramas en EasyPower.

4. Generar cursos intersemestrales para estudiantes, realizar manuales de prácticas para un laboratorio virtual de apoyo en el área eléctrica y realizar trabajos de titulación para alumnos de ingeniería mecánica eléctrica.

El software es de diseño eléctrico, el cual, nos permite el diseño, análisis y monitoreo de sistemas eléctricos de potencia; este cuenta con diferentes herramientas que apoyan al diseño y análisis de sistemas eléctricos que pueden ser añadidas desde la instalación o después de esta; el paquete básico de herramientas del software cuenta con los siguientes módulos.

Diagrama unifilar: Permite modelar sistemas trifásicos, monofásicos y de corriente directa en diagramas unifilares con símbolos y textos personalizables.

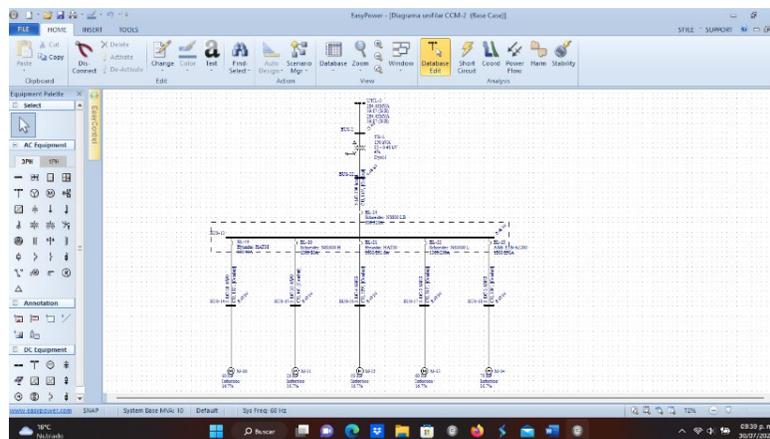


Figura 4. Diagrama realizado en la clase de instalaciones eléctricas FES Cuautitlán.

El análisis de flujo de potencia está diseñado para el análisis de flujos de potencia trifásicos y caídas de tensión en sistemas de potencia, se puede utilizar para calcular flujos de MW y MVAR, caídas de tensión, infracciones de sobrecarga y tensión, pérdidas y otros parámetros de estado estacionario.

También se puede utilizar para estudiar la optimización del sistema, el impacto del arranque de motor, y corrección del factor de potencia.

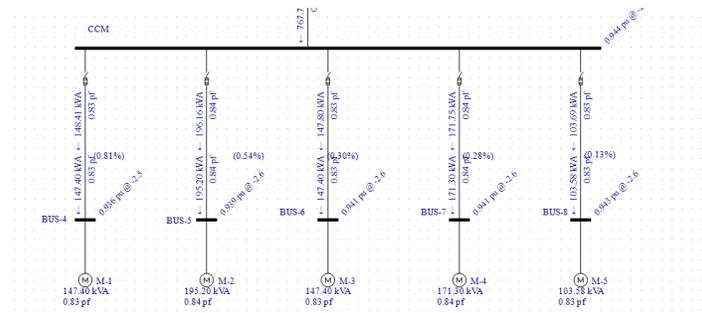
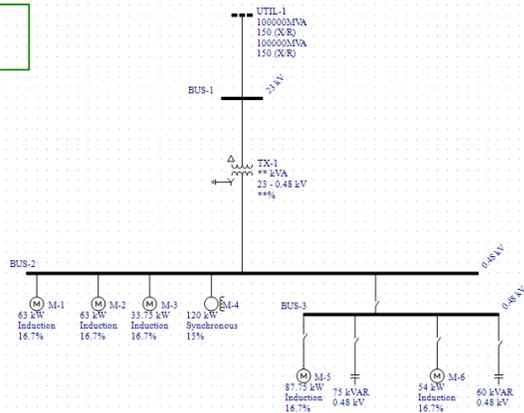


Figura 5. Análisis de CCM realizado en FES Cuautitlán.

En EasyPower el análisis armónico (Das, 2002), es una herramienta indispensable que ayuda al ingeniero a evaluar el nivel armónico en la red eléctrica y los diferentes métodos de mitigación. El módulo incluye el cálculo de barrido en frecuencia, de la distorsión armónica de la tensión y de la corriente, el dimensionamiento de los condensadores y de los filtros y el cálculo del factor K y del factor-K del transformador. El módulo permite al alumno modelar cargas no lineales y otras fuentes de corrientes armónicas como convertidores y hornos de arco y detectar fácilmente las frecuencias resonantes debidas a los bancos de condensadores. Gracias a estas funcionalidades de modelado y de análisis el módulo de análisis armónico puede evaluar con precisión el impacto de las cargas no lineales en la red de análisis, el software se basa en el cumplimiento de la norma IEEE 519 (ANSI, 1981).

Ebenitez Villegas Martha Viridiana  
Tarea 5  
Control y Monitoreo de la Energía



**Figura 6. Dimensionamiento y análisis de factor de potencia, FES Cuautitlán.**

El Factor de potencia real y reactiva de un sistema de energía eléctrica de CA proporciona una relación entre la potencia real y reactiva que fluye hacia una carga con respecto a la potencia aparente en el circuito. En EasyPower, el factor de potencia real se puede definir entre los valores de 1 y (-1) donde, un valor negativo representa un factor de potencia de avance y un valor positivo representa un factor de potencia de retardo (Harper, 2012). Esto se puede entender con mayor profundidad aplicando el ángulo de referencia entre tensión y corriente para encontrar el factor reactivo (FR) para encontrar el VAR total (Volt amperes reactivos) en el mismo circuito.

## Resultados

1. Manuales con el software EasyPower con ejercicios de temas de las asignaturas como instalaciones eléctricas en selección y dimensionamiento de conductores, caída de tensión, coordinación de protección y selección de las protecciones de acuerdo con catálogos normalizados de proveedores.



Figura 7. Alumnos utilizando EasyPower FES Cuautitlán.

2. Solucionario de ejercicios de dimensionamiento de filtros armónicos para corregir problemas de armónicos en sistemas eléctricos, así como analizar sistemas con la función de flujo de carga para inspeccionar el factor de potencia en los diagramas unifilares que ayudarán a los temas que se abordan en las asignaturas de control y monitoreo de la energía y sistemas de distribución del módulo terminal de utilización de la energía.

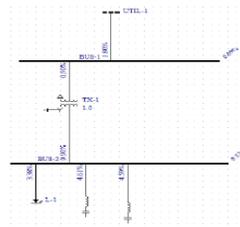


Figura 3.1.96 Distorsiones armónicas del sistema cuando se conecta el segundo filtro.

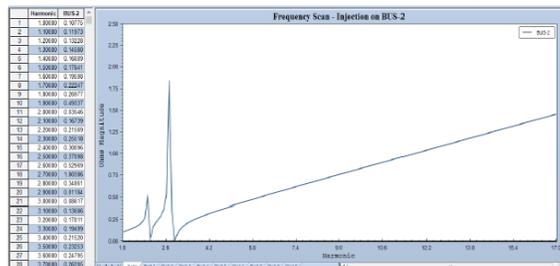


Figura 3.1.97 Frecuencia de resonancia con el segundo filtro conectado.

Figura 8. Diseño de filtro armónico para atenuar armónicos (tesis).

3. Estructurar y organizar ejercicios para poder ser presentados en congresos y exposiciones para dar a conocer los resultados, análisis y diseños generados con el uso del software en asignaturas del área eléctrica que puede ser aplicado en el plan de estudios y utilizarlo como una herramienta computacional para generar un laboratorio virtual en donde se puedan complementar los conocimientos adquiridos en la parte teórica con el apoyo de EasyPower (unam.mx, 2023).



Figura 9. Cartel para participación en educatic2023 de alumnos de FES Cuautitlán.

4. Generar trabajos de tesis con los ejercicios y diseños generados en clase y demostrar comparativamente los resultados obtenidos

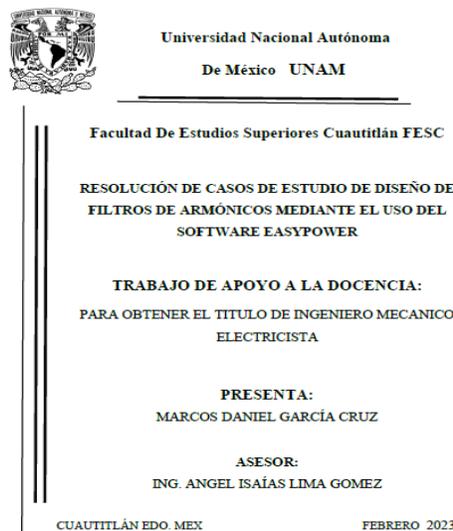


Figura 10. Tesis de alumno de FES Cuautitlán 2023.

## Discusión

Los ingenieros eléctricos requieren varias herramientas para desarrollar sus habilidades, por lo que no hay una sola herramienta que se ajuste a sus necesidades dentro de su formación académica. El estudiante de ingeniería eléctrica necesita una caja de herramientas (laboratorios, libros, espacios, etc.), así como una caja de herramientas virtuales para completar de manera efectiva y eficiente su formación, y un ejemplo claro es el uso de EasyPower.

Por el lado humano, se tiene que mejorar y fortalecer la formación de los estudiantes para una mejor consolidación en su formación profesional, ayudando en cualquier campo tecnológico donde dicho potencial humano sea instalado.

Para lograr esto es necesario la participación en diferentes eventos, la difusión y exposición de los trabajos realizados y demostrar la capacidad y alcance que tienen en su formación y preparación.

## Conclusión

En este trabajo se ha presentado la implementación en la enseñanza y aprendizaje en ingeniería con la utilización de software (EasyPower). Se presenta y demuestra la importancia de incorporar en el aula de clases como apoyo a los cursos y planes de estudios, la aplicación de estrategias didácticas para la enseñanza en Ingeniería con el uso de Software.

Se ha validado la hipótesis según la cual es fundamental para el desarrollo de nuevas metodologías, identificar qué estrategias de aprendizaje se pueden aplicar y qué temáticas presentan los estudiantes dificultad para aprender, con base a esto se puedan abordar y estructurar como estrategias enseñanza-aprendizaje dentro del aula de clase, para garantizar una formación efectiva a estudiantes con habilidades y tipos de aprendizaje diferentes.



## Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNAM-DGAPA por el financiamiento para el proyecto:  
PAPIIT IA102323, PAPIME PE103223, PAPIME PE103023, PIAPIME 1.31.01.23

## Referencias

(ANSI), A. N. (1981). IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems. New York, NY 10017-2394, USA: Printed in the United States of America.

cuautitlan.unam.mx. (05 de agosto de 2023). Obtenido de FES CUAUTITLAN UNAM:  
[https://www.cuautitlan.unam.mx/licenciaturas/ime/plan\\_estudios.html](https://www.cuautitlan.unam.mx/licenciaturas/ime/plan_estudios.html)

Das, J. C. (2002). Power System Analysis short circuit load flow and harmonics. New York: Marcel Dekker, Inc.

EasyPower. (05 de agosto de 2023). EasyPower Student Registration. Obtenido de  
<https://www.easypower.com/student>

Harper, E. (2012). El ABC de la calidad de la Energía Eléctrica. México D.F.: LIMUSA.

unam.mx. (05 de agosto de 2023). Encuentro #educatic2023 UNAM. Obtenido de  
<https://encuentro.educatic.unam.mx/educatic2023/galeria-carteles/index.html>

## NANOPARTÍCULAS DE PLGA y PLGA-PEG CON CURCUMINA Y SU EFECTO SOBRE AFLATOXINA B1 IN VITRO

Roberto Díaz-Torres<sup>1</sup>, Jesús Abraham Méndez-Albores<sup>2\*</sup> y Patricia Ramírez-Noguera<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unidad de Investigación Multidisciplinaria, Laboratorio 9, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México

<sup>2</sup>Unidad de Investigación Multidisciplinaria, Laboratorio 14, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México.

\*[diaztorres\\_r@cuautitlan.unam.mx](mailto:diaztorres_r@cuautitlan.unam.mx)

### Resumen

La aflatoxina B1 (AfB1) es una potente micotoxina hepatocarcinogénica. Las principales manifestaciones de toxicidad inducida por la aflatoxina B1 relacionadas con el estrés oxidante son peroxidación lipídica y daño oxidativo del ADN que podría ser contrarrestada por antioxidantes. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de nanopartículas preparadas con ácido poliláctico-co-glicólico (PLGA) y PLGA con polietilenglicol (PLGA-PEG) cargadas con curcumina en hepatocitos humanos expuestos a la aflatoxina B1 *in vitro*. Se realizó la caracterización de las nanopartículas en cuanto a tamaño y potencial zeta. Se estimaron algunos biomarcadores asociados al estrés oxidante, como viabilidad y cantidad de glutatión intracelular. Los resultados mostraron un aumento en la concentración de GSH en células expuestas a nanopartículas de PLGA y PLGA-PEG con curcumina. Estos resultados sugieren que las nanopartículas cargadas con curcumina pueden modular efectos celulares asociados con el estrés oxidante *in vitro*.

**Palabras clave:** Micotoxinas, Estrés oxidante, Nanoestructuras, Antioxidante, Hepatocarcinógenos.

### Introducción

Las aflatoxinas son metabolitos tóxicos producidos para los alimentos durante el crecimiento de los grupos fúngicos *Aspergillus flavus* y *Aspergillus parasiticus* (El-Agamy, 2010; Wang *et al.*, 2013). La aflatoxina B1 es una potente micotoxina hepatotóxica y hepatocarcinogénica. La peroxidación lipídica y el daño oxidativo del ADN son las principales manifestaciones de toxicidad. Muchos derivados de plantas, como la curcumina, se han estudiado como protectores contra el daño hepático asociado con la peroxidación lipídica inducida por la aflatoxina B1 (Wang *et al.*, 2013). Desafortunadamente, se ha demostrado que la baja solubilidad acuosa y la biodisponibilidad oral limitada de la curcumina son obstáculos importantes en su desarrollo como agente terapéutico (Shaikh *et al.*, 2009).

Los nuevos sistemas de administración de fármacos han tenido un gran impacto en la tecnología médica (Bala *et al.*, 2004). Para una liberación eficaz del fármaco, el rango de tamaño de las nanopartículas es fundamental, ya que puede facilitar el aumento de la captación celular del fármaco dirigido a las células diana. Lo que a su vez mejora la biodisponibilidad de los compuestos terapéuticos (Semete *et al.*, 2010). El ácido poliláctico-co-glicólico (PLGA) es parte de una familia de polímeros biodegradables aprobados por la FDA que son altamente biocompatibles y han sido ampliamente estudiados como vehículos de administración de fármacos, proteínas y otras macromoléculas como ADN, ARN y péptidos (Bedard & Massey, 2006; El-Agamy, 2010; Shaikh *et al.*, 2009).

El PLGA es un copolímero de ácido poliláctico (PLA) y ácido poliglicólico (PGA). Es el biomaterial mejor definido disponible para la administración de fármacos con respecto al diseño y el rendimiento (Makadia & Siegel, 2011). Sin embargo, la necesidad de mejores formulaciones que incorporen una variedad de fármacos y métodos de administración ha resultado en el desarrollo de varios tipos de copolímeros en bloque con polietilenglicol (PEG). Esta capa de PEG sirve como barrera y reduce las interacciones con moléculas extrañas por repulsión estérica, lo que conduce a una mayor estabilidad de almacenamiento.

La curcumina, como se dijo anteriormente, es muy poco soluble, lo que limita mucho su biodisponibilidad. En este trabajo queremos evaluar la efectividad de sistemas nanoparticulados a base de PLGA y PLGA-PEG y su capacidad hepatoprotectora.

## Objetivo

Evaluar el efecto hepatoprotector de las nanopartículas de PLGA y PLGA-PEG cargadas con curcumina en un modelo *in vitro*, usando células HepG2.

## Materiales y métodos

### ***Preparación de Nanopartículas de PLGA y PLGA-PEG cargadas con Curcumina.***

La preparación de las nanopartículas de PLGA y PLGA-PEG cargadas con curcumina se realizó mediante la técnica denominada nanoprecipitación. Se disolvieron 75 mg de PLGA o PLGA-PEG y 3.8 mg de curcumina en 10 mL de acetona, la solución se añadió gota a gota a una solución de 20 mL de PVA (Alcohol polivinílico) al 1% bajo agitación; se mantuvo la agitación durante 10 min. Posteriormente, el disolvente orgánico (acetona) se evapora en un evaporador rotatorio a 40 °C y 40 rpm. La suspensión resultante se centrifugó, preparando un sistema que contenía 5 mL de glicerol, 20 mL de la suspensión de nanopartículas y 10 mL de agua desionizada, se ultra centrifugó el sistema a 29786 g durante 1 h (Optima XL-100K Ultracentrifuge, rotor SW-28, Beckman Coulter, Brea, California, USA), se eliminó el sobrenadante, recolectando 5mL cerca de la interfase y fueron almacenados a 4°C protegidos de la luz.

### ***Determinación de la eficiencia de encapsulación.***

La determinación de curcumina encapsulada se realizó por espectrofotometría, realizando previamente una curva de calibración. Para determinar la eficiencia de encapsulación se colocaron 2 mL de suspensión de nanopartículas (tanto PLGA como PLGA-PEG cargadas con curcumina) en viales a peso constante y se colocaron en estufa a 60 °C por 24 h para permitir la evaporación del agua, posteriormente el sólido resultante se pesó y se suspendió en 2 mL de acetonitrilo. El sistema se agitó suavemente durante 4 h para permitir que la curcumina se difundiera en el solvente, finalmente se centrifugó

a 11357 g por 20 min (Microfuge 22R Centrifuge, Beckman Coulter, Brea, California, USA), se removió el sobrenadante y se diluyó 1:5 con etanol (80%) y se realizó la estimación por espectrofotometría.

La eficiencia de encapsulación se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{Eficiencia de encapsulación (\%)} = \frac{\text{Cantidad de curcumina en la nanopartícula}}{\text{Cantidad de curcumina total}} * 100$$

### **Caracterización de Nanopartículas**

La caracterización del tamaño de partícula y el potencial zeta se realizaron mediante dispersión de luz dinámica y electroforesis láser Doppler, respectivamente, en el dispositivo Zetasizer Nano-ZS90, Malvern Instruments (Worcestershire, West Midlands, United Kingdom).

### **Modelo Experimental**

Para determinar el efecto hepatoprotector de las nanopartículas de curcumina contra la intoxicación inducida por AfB1, se utilizó como modelo la línea celular HepG2 (Liu *et al.*, 2011; Luo *et al.*, 2014).

### **Cultivo celular y esquema de exposición.**

Las células se mantuvieron en medio de cultivo Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM) suplementado con 10% de suero bovino fetal y 2% de antibiótico a 37 °C y 5% de CO<sub>2</sub>. La curcumina se disolvió en dimetilsulfóxido (DMSO) y luego se diluyó con medio de cultivo para ajustar las concentraciones deseadas, la concentración final de DMSO en cultivo no fue mayor al 0.1%, así mismo los controles con 0.1%.

Se incluyeron DMSO en todos los experimentos. Las células se sembraron en placas de 24 pocillos hasta la confluencia. Inicialmente, se realizó exposición a AfB1 (25 µM) por 4 h, luego se realizó una segunda exposición con curcumina libre o encapsulada a diferentes concentraciones por 4 h.

### **Viabilidad celular (MTT)**

Dos horas antes de la finalización del tiempo de exposición descrito anteriormente, se añadieron 5 mL de reactivo MTT en una concentración de 5 mg mL<sup>-1</sup>. Transcurrido el tiempo de exposición, se retiró el medio de cultivo y se añadieron 0.3 mL de un tampón nonidet en isopropanol y se dejó en suave agitación durante 20 min. Finalmente, se

eliminó la solución y la viabilidad es determinada por espectrofotometría en lector de placas Elisa (MRC Scientific Instruments, Essex, UK).

### ***Determinación de glutatión reducido (GSH)***

Una vez finalizado el tiempo de exposición, se retira el medio de cultivo de los pocillos, se lava 2 veces con PBS (Phosphate buffer Solution, Solución amortiguadora de fosfato) frío y se recolectan las células por raspado. La suspensión celular se centrifugó a 9660 g durante 10 min a 4 °C, luego se eliminó el sobrenadante y se resuspendió el botón en PBS con inhibidor de proteasa. La suspensión se sonica y se toman 10 µL de esta suspensión para la determinación de proteínas. A la suspensión restante se le agregan 5 µL de ácido sulfosalicílico (5%) y se incuba a temperatura ambiente por 10 min, finalmente se centrifuga a 9660 g por 10 min a 4 °C y se recupera el sobrenadante. De esta solución se tomaron 50 µL y se colocaron en un pocillo de una microplaca de 96 pocillos, finalmente se adicionaron 150 µL de tampón de reacción y se cuantificó el GSH en la muestra en lector de placas Elisa a  $\lambda = 412$  nm.

### ***Análisis estadístico.***

Los datos se presentan con el error estándar de la media (SEM) analizados mediante ANOVA de una vía. Todos los experimentos se realizaron al menos 6 veces de forma independiente.

## **Resultados y discusión**

La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos para nanopartículas cargadas de curcumina de PLGA y PLGA-PEG, nótese que las nanopartículas de PLGA, a pesar de tener un tamaño mayor, tienen un porcentaje de encapsulación menor.

### ***Caracterización de Nanopartículas de Curcumina.***

**Tabla 1. Resultados del desarrollo de nanopartículas de Curcumina de PLGA y PLGA-PEG.**

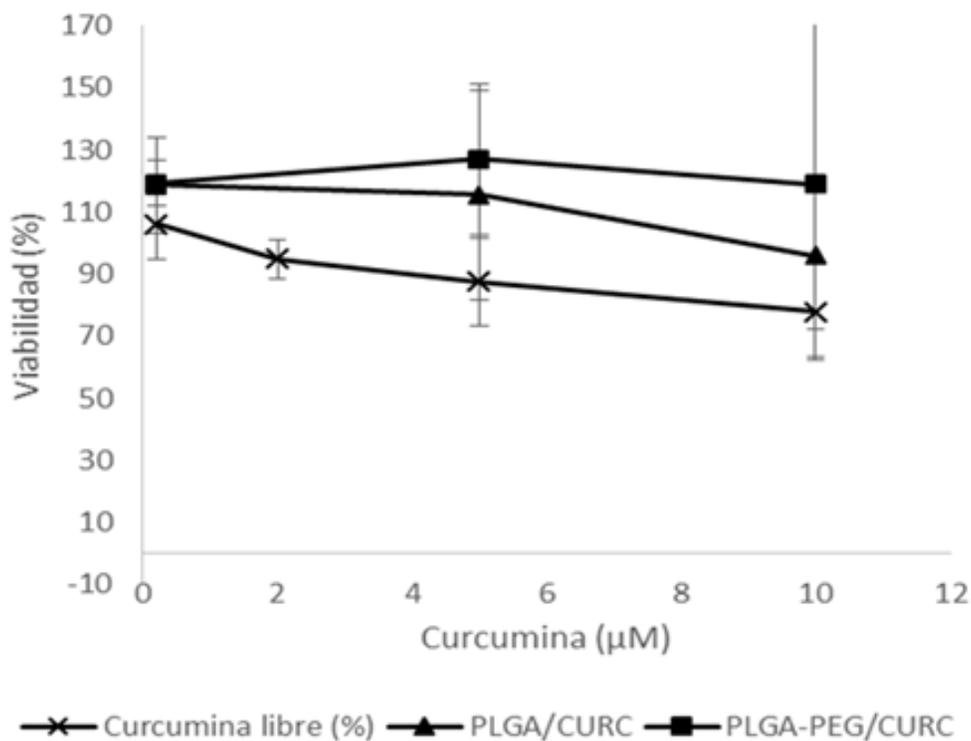
Polímero	Eficiencia de Encapsulación (%)	Tamaño de partícula (nm)	PDI	Potencial Zeta (mV)
PLGA	22.26	261.2	0.095	-1.46
PLGA-PEG	64.46	104	0.171	-1.625

Esta eficiencia de encapsulación de PLGA se puede atribuir a varios factores. Primero, tanto el PLGA como el PLGA-PEG tienen naturaleza hidrofóbica, por esa razón, les resulta fácil atrapar la curcumina hidrofóbica. En segundo lugar, la naturaleza hidrofóbica de la curcumina, que resulta en una migración mínima del fármaco a la fase acuosa externa, durante el proceso de formación de nanopartículas (Ranjan *et al.*, 2012).

En las nanopartículas de PLGA-PEG, las cadenas de PEG están orientadas hacia la fase acuosa externa, envolviendo el complejo PLGA-curcumina. Esta capa de PEG sirve como barrera y reduce las interacciones con moléculas extrañas por repulsión estérica además de darle una propiedad hidrófila, por lo que las cadenas de PEG proporcionan mayor estabilidad, reduciendo la interacción y evitando la migración de la curcumina hacia el exterior, dando mayor estabilidad de carga (Makadia & Siegel, 2011).

### **Viabilidad celular (MTT)**

La Figura 1 muestra los resultados de la exposición de células HepG2 frente a una concentración de 25  $\mu\text{M}$  de Afb1 durante 4 h, y la posterior exposición a curcumina libre y nanopartículas de curcumina a concentraciones de 0.2, 2, 5 y 10  $\mu\text{M}$ . Estos resultados mostraron una viabilidad superior al 100% en ambas Nanopartículas de Curcumina (PLGA y PLGA-PEG).



**Figura 1. Viabilidad de la línea celular HepG2 posterior a la exposición por 4 h de curcumina libre y NP-CURC a diferentes concentraciones (0.2, 2, 5 y 10 μM).**

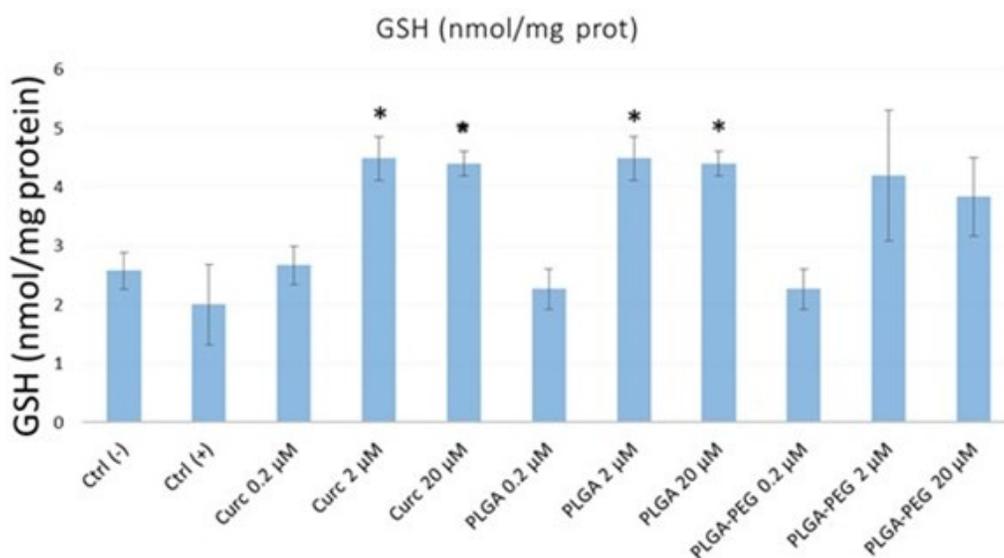
La Figura 1 muestra las medias de los tratamientos estudiados, lo que demuestra que hubo diferencias significativas entre los valores de viabilidad celular de los tratamientos de curcumina libre y los tratamientos con Curcumina. En nanopartículas, tanto para PLGA como para PLGA-PEG, se notan diferencias que comienzan en 0.2 μM, aumentando la viabilidad celular, incluso en el tratamiento con concentraciones importantes de curcumina libre.

Estos resultados muestran claramente el efecto hepatoprotector de la curcumina contra la intoxicación por micotoxinas. Sin embargo, debido a que la disminución en la viabilidad celular generada por la curcumina libre y AfB1 son procesos totalmente diferentes, como se mencionó anteriormente, la curcumina puede cambiar la morfología de la superficie celular y conducir a un proceso proapoptótico, este proceso depende de la dosis (Choudhuri et al., 2005; Wang et al., 2011); por el contrario, en el proceso de citotoxicidad de las aflatoxinas, el estrés oxidativo es el principal efecto tóxico (El-Agamy, 2010), por

lo que se necesitan más estudios para definir con mayor precisión el efecto hepatoprotector de la curcumina sobre la intoxicación por AfB1.

### **Determinación de glutatión reducido (GSH)**

En la Figura 2 se muestran los resultados para la cuantificación de GSH en células HepG2. Aunque no se observa diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, excepto entre la curcumina libre a una concentración de 2  $\mu\text{M}$  y 20  $\mu\text{M}$  y las Nanopartículas de Curcumina de PLGA a 2  $\mu\text{M}$  y 20  $\mu\text{M}$  en comparación con el control, en la Figura 2 observamos una tendencia en la que la cantidad de GSH presente en la muestra aumenta significativamente cuando aumenta la concentración de curcumina libre y curcumina encapsulada en nanopartículas de PLGA y PLGA-PEG, en concentraciones de 0.2, 2 y 20  $\mu\text{M}$ .



**Figura 2. Cuantificación de GSH en células HepG2 con exposición a NP-CURC por 4h, posterior a una exposición con AFB1 25  $\mu\text{M}$ . \* Representan una diferencia estadísticamente ( $P < 0.05$ ) significativa con respecto al control negativo.**

Esto es consistente con estudios previos de Pou Kuan Leong y colaboradores (Leong et al., 2012). Donde se realizó la exposición de células AML12 a curcumina, encontrándose un aumento en los niveles de GSH, aunado a una disminución en la peroxidación lipídica.

El mayor efecto de la curcumina sobre la estimulación de la producción de GSH puede estar relacionado con su capacidad para inducir directamente la disociación de la proteína Keap 1, un represor Nrf2, con una modulación antioxidante (Leong *et al.*, 2012).

## Conclusión

Se prepararon nanopartículas de PLGA y PLGA-PEG cargadas con curcumina, obteniendo mejores resultados en cuanto a tamaño de partícula y carga de curcumina con el polímero PLGA-PEG. El ensayo de viabilidad celular mostró que la curcumina encapsulada tiene un mejor efecto protector contra la intoxicación por AFB1 que la curcumina libre, mostrando una mayor concentración intracelular de GSH, teniendo tendencia a aumentar el GSH en células tratadas con Nanopartículas de Curcumina. Con base en estos resultados, podemos decir que las Nanopartículas de Curcumina preparadas con PLGA y PLGA-PEG tienen potencial como tratamiento para la intoxicación por AFB1.

## Agradecimientos

Este trabajo fue apoyado por UNAM-PAPIIT IN214321 (Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)); Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, Cátedra de Investigación: CI2225.

## Referencias

- Bala, I., Hariharan, S., & Kumar, M. N. (2004). PLGA nanoparticles in drug delivery: the state of the art. *Crit Rev Ther Drug Carrier Syst*, 21(5), 387-422.  
<https://doi.org/10.1615/critrevtherdrugcarriersyst.v21.i5.20>
- Bedard, L. L., & Massey, T. E. (2006). Aflatoxin B1-induced DNA damage and its repair. *Cancer Lett*, 241(2), 174-183. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2005.11.018>
- Choudhuri, T., Pal, S., Das, T., & Sa, G. (2005). Curcumin selectively induces apoptosis in deregulated cyclin D1-expressed cells at G2 phase of cell cycle in a p53-dependent manner. *Journal of Biological Chemistry*, 280(20), 20059-20068.
- El-Agamy, D. S. (2010). Comparative effects of curcumin and resveratrol on aflatoxin B(1)-induced liver injury in rats. *Arch Toxicol*, 84(5), 389-396.  
<https://doi.org/10.1007/s00204-010-0511-2>

Leong, P. K., Chiu, P. Y., & Ko, K. M. (2012). Prooxidant-induced glutathione antioxidant response in vitro and in vivo: a comparative study between schisandrin B and curcumin. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 35(4), 464-472.

Liu, R., Chang, M., Jin, Q., Huang, J., Liu, Y., & Wang, X. (2011). Degradation of aflatoxin B 1 in aqueous medium through UV irradiation. *European Food Research and Technology*, 233, 1007-1012.

Luo, X. H., Wang, R., Wang, L., Li, Y. F., Bian, Y. Y., & Chen, Z. X. (2014). Effect of ozone treatment on aflatoxin B-1 and safety evaluation of ozonized corn. *Food Control*, 37, 171-176. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.09.043>

Makadia, H. K., & Siegel, S. J. (2011). Poly Lactic-co-Glycolic Acid (PLGA) as Biodegradable Controlled Drug Delivery Carrier. *Polymers (Basel)*, 3(3), 1377-1397. <https://doi.org/10.3390/polym3031377>

Ranjan, A. P., Mukerjee, A., Helson, L., & Vishwanatha, J. K. (2012). Scale up, optimization and stability analysis of Curcumin C3 complex-loaded nanoparticles for cancer therapy. *Journal of Nanobiotechnology*, 10, 1-18.

Semete, B., Booyesen, L., Lemmer, Y., Kalombo, L., Katata, L., Verschoor, J., & Swai, H. S. (2010). In vivo evaluation of the biodistribution and safety of PLGA nanoparticles as drug delivery systems. *Nanomedicine*, 6(5), 662-671. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2010.02.002>

Shaikh, J., Ankola, D. D., Beniwal, V., Singh, D., & Kumar, M. N. (2009). Nanoparticle encapsulation improves oral bioavailability of curcumin by at least 9-fold when compared to curcumin administered with piperine as absorption enhancer. *Eur J Pharm Sci*, 37(3-4), 223-230. <https://doi.org/10.1016/j.ejps.2009.02.019>

Wang, F., Shu, G., Peng, X., Fang, J., Chen, K., Cui, H., Chen, Z., Zuo, Z., Deng, J., Geng, Y., & Lai, W. (2013). Protective effects of sodium selenite against aflatoxin B1-induced oxidative stress and apoptosis in broiler spleen. *Int J Environ Res Public Health*, 10(7), 2834-2844. <https://doi.org/10.3390/ijerph10072834>

Wang, M., Ruan, Y., Chen, Q., Li, S., Wang, Q., & Cai, J. (2011). Curcumin induced HepG2 cell apoptosis-associated mitochondrial membrane potential and intracellular free Ca<sup>2+</sup> concentration. *European journal of pharmacology*, 650(1), 41-47.

## ANOMALÍAS DE LA PRECIPITACIÓN DE ENERO A JULIO DEL AÑO 2023

Gustavo Mercado-Mancera<sup>1\*</sup>, Saori Figueroa-Ochoa<sup>2</sup>, Amanda López-Maya<sup>2</sup> y María José Montiel-Legorreta<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Cuautitlán Izcalli, México*

<sup>2</sup>*Licenciatura de Ingeniería Agrícola. FES-C, UNAM,*

[\\*gmercado@unam.mx](mailto:gmercado@unam.mx)

### Resumen

La precipitación definida como la caída de agua de una nube hacia la superficie terrestre, presenta una gran variabilidad a través del tiempo y el espacio, y esto puede observarse con el análisis de sus anomalías, que son las desviaciones con respecto a la precipitación promedio que se registra en un lugar. El objetivo de este trabajo fue determinar las anomalías en la precipitación en Cuautitlán Izcalli, Estado de México, de enero a julio del año 2023. Se trabajó con los datos de precipitación recolectados en la estación meteorológica de la FES Cuautitlán. Se consideraron los datos de precipitación promedio mensual de enero a julio de 2023, y los datos promedio mensual normal de 1987 a 2022. Los resultados mostraron la presencia de anomalías negativas para los meses de enero, febrero, abril, mayo, junio y julio, con valores de hasta -90.4 mm en el mes de junio. Sólo el mes de marzo presentó una anomalía positiva de 6.4 mm. El retraso de las lluvias del ciclo primavera-verano 2023, ha puesto en grave riesgo la producción de los cultivos en el área de estudio, ya que fue hasta el 10 de julio que se presentó una lluvia que promovió la germinación de las semillas en el campo. El crecimiento de los cultivos sembrados, por ejemplo, maíz, calabacita, frijol, girasol, entre otros, se ha visto afectado notablemente y el desarrollo fenológico de estos está atrasado en el tiempo. Los datos dejan evidencia de la necesidad de contar con un buen aporte de agua de riego para asegurar la germinación, crecimiento y desarrollo de los cultivos, porque esta situación es cada día más alarmante para la agricultura de temporal.

**Palabras clave:** Lluvia, fenología, sequía.

## Introducción

La precipitación es un hidrometeoro constituido por un conjunto de partículas acuosas, líquidas o sólidas, cristalizadas o amorfas, que caen de una nube o de un conjunto de nubes y que alcanzan el suelo (SMN, 2023).

El estudio de las precipitaciones es de vital importancia en la evaluación y predicción de la amenaza natural, ya que es uno de los principales factores desencadenantes de procesos de erosión, desbordamiento e inundaciones que afectan. Para ello, es necesaria información sobre la magnitud de las precipitaciones ocurridas en el pasado y sobre los fenómenos meteorológicos que las producen (SNET, 2001).

La variabilidad climática que ha experimentado el planeta a lo largo de los siglos se ha incrementado, pero también el hombre se ha adaptado, con diversas acciones, como migraciones, intercambios o cooperación, o a través de decisiones paliativas u organizativas (Domínguez, 2016).

De forma simple, una sequía se define como la disminución o la ausencia de precipitaciones pluviales respecto al índice anual y, contrario a lo que se supone, es un evento normal y recurrente que se presenta de forma cíclica en todas las zonas climáticas del mundo, aunque con mayor intensidad y recurrencia en las zonas áridas y semiáridas (Cerano *et al.*, 2009).

En México ha sido un fenómeno recurrente y cíclico, y la principal preocupación son sus efectos en la agricultura y las consecuencias que se viven en la población (Domínguez, 2016).

Uno de los problemas derivados de la sequía y de la escasez de agua que más se menciona en la prensa es el referente a las pérdidas que ha sufrido el agro durante los últimos años. De acuerdo con las cifras, las pérdidas alcanzan los 16,000 millones de pesos (1,300 millones de dólares). De esta cantidad, 9,000 millones corresponden a los cultivos perdidos de maíz y 6,000 millones a los de frijol (Esparza, 2014).

Es así como las superficies cultivadas enfrentan problemas extremos de cambios paulatinos de este elemento climático, que van desde fluctuaciones en la presencia de éstas (tempranas o tardías), inundaciones o sequías prolongadas que se traducen en decrementos en la producción (Granados *et al.*, 2017).

Si bien, la precipitación en la zona de estudio es en promedio de 612.1 mm (Angeles, 2022), su distribución es la variable que más preocupa al agricultor, puesto que en condiciones de temporal los cultivos carecen de ella en momentos críticos, por ejemplo, en la emergencia, o bien en la etapa vegetativa. Las lluvias representan la fuente esencial y principal de esta humedad, y su estudio es la clave para la comprensión de la agricultura en todas las condiciones (Olivares, 2009).

Durante el año 2023, de enero a julio las lluvias han sido escasas afectando el crecimiento y desarrollo de los cultivos, y específicamente en los cultivos de temporal, el atraso de las lluvias ha sido muy marcado, por lo cual se planteó evaluar el nivel de las anomalías presentes en la precipitación.

### **Objetivo**

Determinar las anomalías en la precipitación en Cuautitlán Izcalli, Estado de México, de enero a julio del año 2023.

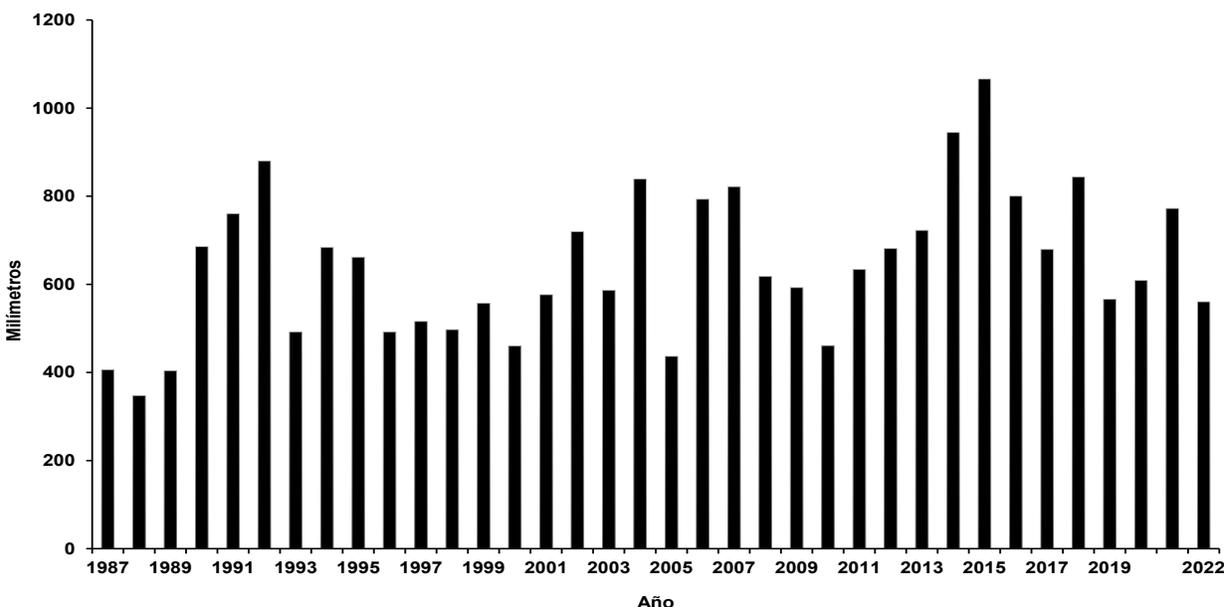
### **Materiales y métodos**

Los datos utilizados fueron capturados en la estación meteorológica Almaraz de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM (FES-C), durante el periodo de julio de 1987 a diciembre de 2022 y se consideraron los datos de precipitación promedio mensual y total anual por año. Asimismo, para cumplir el objetivo de este trabajo se analizaron y compararon los datos registrados de enero a julio de 2023, con respecto a los valores normales reportados por Angeles (2022).

Asimismo, se tomaron de referencia los datos reportados por Figueroa (2023) para analizar y comparar el valor de la precipitación promedio mensual al 70% de probabilidad.

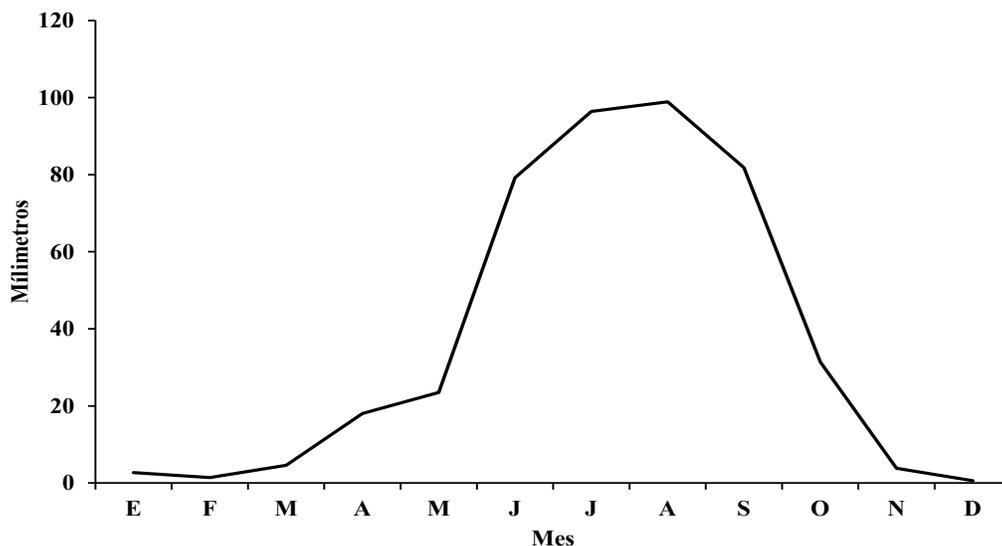
## Resultados

En la Figura 1 se presentan los datos de precipitación total anual durante el periodo de estudio.



**Figura 1. Precipitación total anual de 1987 a 2022, estación meteorológica Almaraz. Cuautitlán Izcalli, Méx.**

Se han presentado datos extremos de precipitación anual desde 347.1 mm en el año de 1988, hasta 1,066.1 mm en el 2015, que muestra su variabilidad a través del tiempo, sin embargo, en la distribución mensual se había observado el inicio del temporal a principios del mes de junio, época en la cual los agricultores establecen sus cultivos de temporal; en la Figura 2 se presenta la probabilidad de ocurrencia de la precipitación promedio mensual. La precipitación promedio anual registrada en 35 años es de 649.8 mm.



**Figura 2. Precipitación mensual al 70% de ocurrencia, estación meteorológica Almaraz. Cuautitlán Izcalli, Méx. (Figuroa, 2023).**

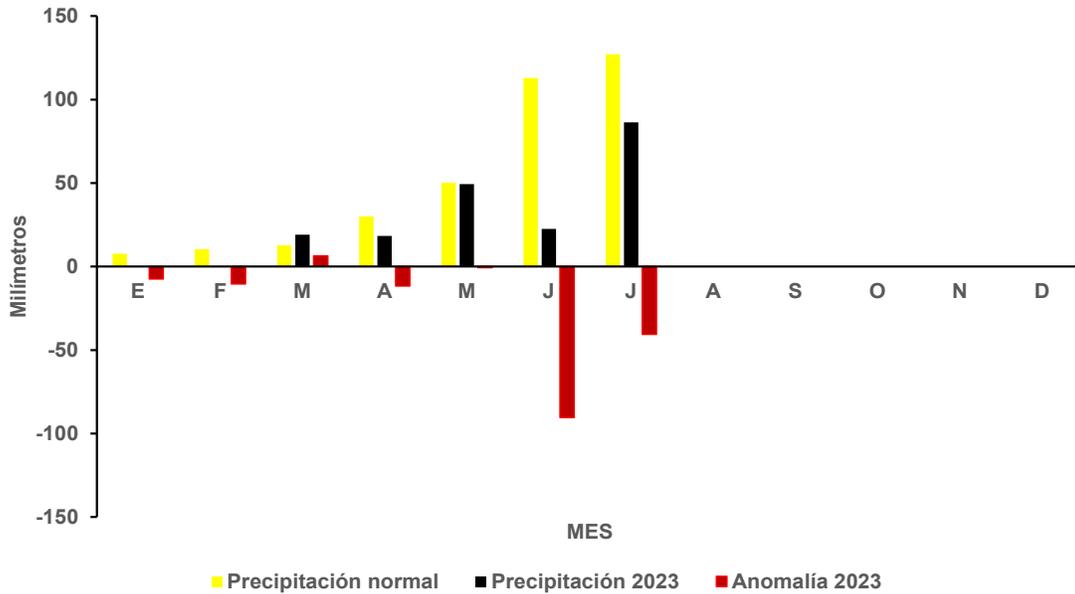
En el año 2023 la ocurrencia de precipitación ha presentado anomalías, observa en la Tabla 1.

**Tabla 1. Valores de precipitación mensual. Estación meteorológica Almaraz. Cuautitlán Izcalli, Méx.**

Mes	Precipitación normal (mm)	Precipitación 2023 (mm)	Anomalía 2023 (mm)
Enero	7.6	0.1	-7.5
Febrero	10.5	0.0	-10.5
Marzo	12.7	19.1	6.4
Abril	30.0	18.3	-11.7
Mayo	50.2	49.4	-0.8
Junio	112.9	22.5	-90.4
Julio	127.1	86.4	-40.7

Los meses de junio y julio del 2023 han sido los más secos de lo que se lleva registro en la estación meteorológica Almaraz, técnicamente el temporal inició el 10 de julio y con

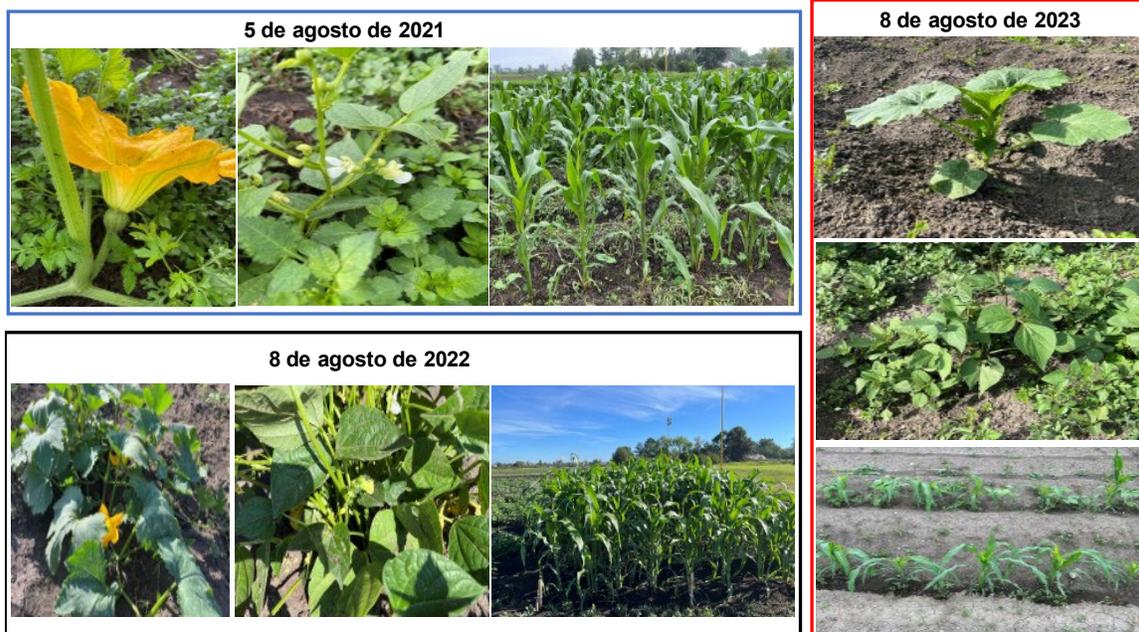
muy baja disponibilidad de agua para los cultivos. En la Figura 3 se presentan estos datos en forma gráfica.



**Figura 3. Anomalías de la precipitación, de enero a julio de 2023. Estación meteorológica Almaraz. Cuautitlán Izcalli, Méx.**

### Discusión

Los datos expuestos muestran el déficit de lluvia que se han registrado este año en la zona de influencia de la estación meteorológica Almaraz, de la FES Cuautitlán, y que ha impactado el crecimiento y desarrollo de los cultivos de temporal; como evidencia de esto, en la Figura 4 se presentan imágenes del estado de la calabaza, frijol y maíz, en la parcela fenológica de la estación meteorológica, tomadas en la misma semana de los años 2021 y 2022 comparados con el año 2023, cultivos que fueron sembrados el 10 y 9 de junio, respectivamente.



**Figura 4. Estado fenológico de los cultivos en los años 2021, 2022 y 2023 en la parcela fenológica, Cuautitlán Izcalli, Méx. (Archivo personal).**

Durante el ciclo primavera-verano 2023 se observa un retraso de 40 días en el desarrollo fenológico de los cultivos que ponen en riesgo el rendimiento óptimo de ellos, por la cercanía de la ocurrencia de bajas temperaturas, puesto que se acerca el periodo de heladas en la zona.

La FAO (2023) señala que la agricultura es uno de los principales sectores de la economía que podrían verse gravemente afectados por el fenómeno de El Niño. Mientras que la sequía es la principal amenaza para la producción de alimentos, El Niño puede provocar también lluvias torrenciales, inundaciones o un tiempo demasiado caluroso o frío.

De acuerdo con COFACE (2023), este fenómeno climático se prevé que regrese en la segunda mitad de 2023, y está a punto de amplificar los efectos del cambio climático, sin embargo, en la zona de estudio sus efectos se han observado desde el mes de mayo de este año.

Mientras que, el SMN (2023a) señaló que se espera que El Niño continúe en el hemisferio norte durante el invierno, la probabilidad es mayor al 95% de que se mantenga de diciembre 2023 a febrero 2024. Actualmente se observan condiciones de este evento y los pronósticos aseguran que se desarrollará de noviembre a enero un evento de El Niño fuerte.

Ante este panorama, la agricultura es la actividad económica que más riesgo corre, por lo tanto, se deberán buscar alternativas para abastecer de agua a los cultivos, ya no sólo en la temporada de otoño-invierno, sino también, contar con al menos un riego de auxilio para los cultivos de temporal.

### **Conclusión**

1. Durante los meses de enero a julio de 2023 se observó un déficit de ocurrencia de lluvia, principalmente en los meses de junio y julio con valores de -90.7 y -40.7 mm, respectivamente, lo cual ha impactado negativamente el crecimiento y desarrollo de los cultivos.
2. El panorama no es favorable para la agricultura del periodo otoño-invierno por lo que deberán buscarse alternativas para el uso óptimo del agua para riego agrícola.
3. Esta situación es alarmante y debe ponerse atención en el manejo y distribución del riego agrícola en la zona de influencia de la estación meteorológica de la FES-Cuautitlán.

### **Agradecimientos**

Al personal técnico de la Estación Meteorológica Almaraz de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y al proyecto PAPIME P82O8722 por el apoyo brindado.

### **Referencias**

Angeles, F. S. B. (2022). Determinación de la normal climática de 1987 a 2022 de la Estación Meteorológica Almaraz. Tesis de Licenciatura de Ingeniería Agrícola. FES Cuautitlán, UNAM. México. 117 pp.

Cerano, P. J., Villanueva, D. J., Arreola, A. J. G., Sánchez, C. I., & Valdez, C. R. D. (2009). Reconstrucción de 350 años de precipitación para el suroeste de Chihuahua, México. *Madera y Bosques*, 15(2), 27-44.

COFACE. (2023). El niño, una amenaza para la agricultura global. En: <https://www.coface.com.ar/Noticias-y-Publicaciones/Noticias/El-Nino-una-amenaza-para-la-agricultura-global>. Fecha de consulta el 01 de septiembre de 2023.

Domínguez, J. (2016). Revisión histórica de las sequías en México: de la explicación divina a la incorporación de la ciencia. *Tecnología y Ciencias del Agua*, VII(5), 77-93

Esparza, M. (2014). La sequía y la escasez de agua en México. Situación actual y perspectivas futuras. *Secuencia*, (89), 195-219.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2023). El Niño. En: <https://www.fao.org/el-nino/es/#:~:text=La%20agricultura%20es%20uno%20de,tiempo%20demasiado%20caluroso%20o%20fr%C3%ADo>. Fecha de consulta el 31 de agosto de 2023.

Figuroa, O. S. (2023). Estudio de la ocurrencia de lluvia en Cuautitlán Izcalli, México. Tesis de Licenciatura de Ingeniería Agrícola. FES Cuautitlán, UNAM. México. 47 pp.

Granados, R. R., Reyna, T. T., & Aguilar, S. G. (2017). Variación de la precipitación, efectos en la agricultura y algunos problemas sociales en el estado de Michoacán, México. En: <https://www.researchgate.net/publication/318117065>. Fecha de consulta el 23 de agosto de 2023

Olivares, B. (2009). Características de interés agrícola de la precipitación en la agricultura de secano. *INIA Divulga*, (14), 25-27.

SMN (Servicio Meteorológico Nacional). (2023). Glosario Técnico. En: <https://smn.conagua.gob.mx/es/smn/glosario>. Fecha de consulta el 25 de agosto de 2023.

SMN (Servicio Meteorológico Nacional). (2023a). Estatus del Niño-Oscilación del Sur (ENOS). En: <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/diagnostico-climatico/estatus-del-nino>. Fecha de consulta el 06 de septiembre de 2023.

SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales). (2001). Análisis probabilístico de ocurrencia de precipitaciones. En: <https://portafolio.snet.gob.sv/digitalizacion/pdf/spa/doc00001/doc00001-seccion%20j%202.pdf>. Fecha de consulta el 9 de agosto de 2023.

## USO DE NANOPARTÍCULAS EN SISTEMAS AGRÍCOLAS

Irving Aguilar-Hernández<sup>1</sup>, Zaira Citlali López-Patricio<sup>1</sup>, Gustavo Mercado-Mancera<sup>2\*</sup>,  
Jesús Abraham Méndez-Albores<sup>2</sup> y Alma Guadalupe Vázquez-Durán<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Licenciatura de Ingeniería Agrícola. FES-C, UNAM*

<sup>2</sup>*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM*

\*[gmercado@unam.mx](mailto:gmercado@unam.mx)

### Resumen

En la industria agrícola y alimentaria, el uso de la nanotecnología es una de las áreas de investigación en nanociencia en crecimiento, para lo cual se hacen estudios en campo para determinar su efectividad y mejorar las cosechas. Se evaluó el uso de nanopartículas de óxido de zinc dopadas con cobre (NPs ZnO+Cu) en los cultivos de calabaza y frijol con el objetivo de determinar su efecto en el rendimiento de las plantas. Los cultivos se desarrollaron en condiciones de temporal en el año de 2022. Se observó que su aplicación mostró un impacto positivo significativo en varios aspectos del cultivo. Se obtuvo en calabaza una longitud de guía significativamente mayor en comparación con el tratamiento sin NPs; asimismo, valores más altos en peso de fruto y diámetros ecuatoriales y polares. El rendimiento fue de 9.6 t ha<sup>-1</sup>. Para el caso del frijol, no se mostraron diferencias estadísticas significativas en los componentes de rendimiento con la aplicación de NPs, el rendimiento obtenido con la aplicación de 100 mg L<sup>-1</sup> ZnO+Cu fue de 1.8 t ha<sup>-1</sup>, que es mayor al promedio nacional. Se destaca el uso potencial de las NPs de ZnO+Cu en la agricultura para mejorar el crecimiento, la producción y la calidad de los cultivos. Estas nanopartículas prometen ser una herramienta para futuras estrategias de mejora agrícola y pueden contribuir a una producción más eficiente y sostenible de alimentos.

**Palabras clave:** Nanotecnología, frijol, calabaza, componentes de rendimiento.

## Introducción

La calabaza y el frijol tienen una importancia arraigada en la cultura, la dieta y la economía de México. Estos cultivos no solo aportan nutrientes esenciales a la dieta de la población, sino que, también desempeñan un papel vital en la seguridad alimentaria y la sostenibilidad agrícola del país.

Afrontar el reto de la innovación en la producción de alimentos para alimentar a una población creciente es complejo. Lamentablemente, el uso excesivo de agroquímicos con el propósito de aumentar el rendimiento de los cultivos tiene consecuencias negativas. Esta práctica no es sostenible y degrada los ecosistemas y el suelo. Además, genera contaminación ambiental al introducir sustancias químicas perjudiciales en el entorno (Lira *et al.*, 2018). En busca de alternativas más seguras y sostenibles, la investigación en nanotecnología aplicada a la agricultura ha surgido como un campo prometedor.

En este sentido, una herramienta potencial de la nanotecnología es la aplicación de nanopartículas, las cuales son importantes por su uso potencial en resolver problemas que con productos a escala normal son muy costosos y no siempre se solucionan eficientemente, y por las implicaciones o efectos que el uso de estas tiene en procesos o fenómenos. Respecto a la producción agrícola, la premisa básica es reducir al mínimo las pérdidas y disminuir los efectos adversos en el ambiente por el uso excesivo de insumos agrícolas (Carrillo y González, 2009).

Dentro de las nanopartículas (NPs) estudiadas para su aplicación en la agricultura se encuentran las metálicas, las poliméricas, y las de óxidos metálicos. En particular, las nanopartículas de óxido de zinc han despertado un gran interés por su capacidad de mejorar la calidad y rendimiento de los cultivos. Se han aplicado en diferentes cultivos con el fin de mejorar la germinación, crecimiento y producción, además presentan propiedades antimicrobianas y antioxidantes que les permite proteger las semillas y plantas de enfermedades y estrés oxidativo. Además, su tamaño nanométrico mejora la absorción de nutrientes y agua por las raíces (Lira, 2016).

Un método utilizado para la modificación de las nanopartículas es el dopaje, el cual tiene como objetivo mejorar las propiedades físicas, químicas, eléctricas, ópticas y biológicas de las mismas (Rekha *et al.*, 2010). Actualmente, se propone al cobre como un metal de interés para dopar el óxido de zinc (Liza, 2019). El cobre es un micronutriente esencial para el crecimiento y desarrollo normal de las plantas (Yruela, 2005). Este metal, por su parte, también ha reportado buenos resultados con respecto a la germinación y el aumento de vigor en plántulas de algunos cultivos como lechuga, tomate y chile (Ruiz, 2016).

Con base en los estudios realizados por diversos grupos de investigación, se deduce que el dopaje de las nanopartículas de ZnO con cobre podría potencializar sus efectos benéficos en los parámetros productivos de los cultivos. Por lo anterior, se planteó el siguiente objetivo:

### **Objetivo**

Evaluar el uso de nanopartículas de óxido de zinc dopadas con cobre (NPs ZnO+Cu) en los cultivos de calabaza y frijol y determinar su efecto en el rendimiento de las plantas.

### **Materiales y métodos**

#### *Síntesis*

Las nanopartículas de ZnO+Cu fueron sintetizadas empleando el método de co-precipitación. Inicialmente, se preparó una solución en etanol compuesta por 1.1 M de acetato de zinc y 0.011 M de acetato de cobre, la cual se mantuvo en agitación constante a una temperatura de 70 °C durante un lapso de 10 minutos. Posteriormente, se añadieron 10 mL de una disolución acuosa 1.2 M de NaOH a una velocidad de 0.07 mL/s, y la reacción se agitó durante 10 minutos. La muestra resultante se dejó en reposo durante 18 horas, seguido de un proceso de lavado triple del precipitado mediante ciclos de centrifugación (7000 rpm/7 minutos) y re-suspensión en agua desionizada y posteriormente en etanol. El precipitado se sometió a un proceso de secado a 170 °C durante dos horas, y el polvo resultante se homogeneizó utilizando un mortero de ágata.

### *Acondicionamiento*

Se realizó la limpieza y desinfección de las semillas de calabaza y frijol, las cuales se lavaron y trataron con una solución de hipoclorito de sodio al 1 % durante un minuto, seguido de un enjuague con agua destilada. En cuanto al tratamiento de las semillas usando las nanopartículas de ZnO dopadas con cobre, se preparó una suspensión de dichas nanopartículas en agua desionizada, la cual fue sometida a un proceso de baño ultrasónico con una frecuencia de 25 Hz durante un período de 20 minutos. Los diferentes tratamientos empleados en el experimento fueron los siguientes: tratamiento 1 (testigo, agua desionizada); tratamiento 2 (100 mg de nanopartículas de ZnO dopado con cobre); tratamiento 3 (200 mg de nanopartículas de ZnO dopado con cobre). Para llevar a cabo el acondicionamiento de las semillas, se sumergieron 50 semillas por tratamiento en el caso de la calabaza, y 500 semillas en el caso del frijol. Estas semillas se mantuvieron en agitación constante durante un período de 24 horas a temperatura ambiente. Una vez completado el proceso de acondicionamiento, las semillas fueron trasladadas al campo para su posterior siembra.

### *Labor de campo*

La siembra se realizó de forma manual en una superficie de 400 m<sup>2</sup> para el caso de calabaza y 144 m<sup>2</sup> para del frijol; una distancia entre surcos de 0.8 m y entre plantas de 4.0 y 0.3 m para calabaza y frijol, respectivamente. Con una densidad de población de 1,125 plantas por hectárea para calabaza y 37,500 para frijol. El deshierbe fue de forma manual. Se aplicó humus de lombriz como biofertilizante. El cultivo se condujo en condiciones de temporal.

## **Resultados**

En la Tabla 1, se presentan los valores de los componentes del rendimiento evaluados en calabaza.

**Tabla 1. Componentes del rendimiento del cultivo de calabaza. Ciclo P-V 2022. Cuautitlán Izcalli, Méx.**

Tratamiento	Número de frutos por planta	Diámetro (cm)		Peso Fruto (g)	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )
		Ecuatorial	Polar		
Testigo	2.4 <sup>a</sup>	51.5 <sup>a</sup>	46.9 <sup>a</sup>	1,555.3 <sup>a</sup>	9.2 <sup>a</sup>
100 mg ZnO+Cu L <sup>-1</sup>	1.6 <sup>a</sup>	54.0 <sup>a</sup>	49.9 <sup>a</sup>	1,714.8 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>
200 mg ZnO+Cu L <sup>-1</sup>	2.1 <sup>a</sup>	52.0 <sup>a</sup>	49.2 <sup>a</sup>	1,688.1 <sup>a</sup>	9.6 <sup>a</sup>

Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (prueba de Tukey,  $\alpha$  0.05).

El tratamiento testigo obtuvo la mayor cantidad de frutos por planta (2.4 frutos), pero estos fueron más pequeños y ligeros. El tratamiento con 100 mg L<sup>-1</sup> destacó por tener frutos más grandes en términos de diámetros ecuatorial (54 cm) y polar (49.9 cm), además de un mayor peso promedio (1,714.8 g).

Aunque el tratamiento con 200 mg L<sup>-1</sup> produjo una mayor diferencia numérica con un rendimiento de 9.6 t ha<sup>-1</sup>, similar al tratamiento testigo con 9.2 t ha<sup>-1</sup>, no se encontraron diferencias estadísticas significativas en el rendimiento entre los tratamientos.

Aunque el tratamiento testigo presentó más frutos por planta, los tratamientos con 100 mg L<sup>-1</sup> y 200 mg L<sup>-1</sup> mostraron características de frutos más grandes y un rendimiento similar.

En la Tabla 2, se presentan los valores de los componentes del rendimiento evaluados en frijol.

**Tabla 2. Componentes del rendimiento del cultivo de frijol. Ciclo P-V 2022, Cuautitlán Izcalli, Méx.**

Tratamiento	Número de vainas por planta (#)	Número de Semilla por vaina (#)	Peso de 100 semillas (g)	Peso hectolítrico (kg hl <sup>-1</sup> )	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )
Testigo	53.2 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	39.6 <sup>a</sup>	79 <sup>a</sup>	2.1 <sup>a</sup>
100 mg ZnO+Cu L <sup>-1</sup>	46.1 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>	40.2 <sup>a</sup>	78.5 <sup>a</sup>	1.8 <sup>a</sup>
200 mg ZnO+Cu L <sup>-1</sup>	42.8 <sup>a</sup>	5.3 <sup>a</sup>	40.8 <sup>a</sup>	78.7 <sup>a</sup>	1.5 <sup>a</sup>

Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente diferentes (prueba de Tukey,  $\alpha$  0.05).

Los resultados indicaron la ausencia de diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos aplicados. El tratamiento testigo se caracterizó por tener un mayor número de vainas por planta, mientras que en el tratamiento con 200 mg ZnO+Cu L<sup>-1</sup> se encontraron semillas más pesadas, posiblemente debido a un incremento en el crecimiento radicular. Esto es coherente con las observaciones de Estrada (2018), quien informó mayores longitudes radiculares en semillas de maíz tratadas con NPs de ZnO en comparación con las no tratadas. El aumento en el sistema radicular puede proporcionar una base más sólida para las plantas, permitiéndoles aprovechar de manera más eficiente los nutrientes presentes en el suelo.

A pesar de estas observaciones, el tratamiento testigo logró el mayor rendimiento, lo que podría ser resultado del estrés hídrico que afectó las primeras etapas de crecimiento. Cada tratamiento experimentó problemas de germinación debido a la falta de lluvia durante los primeros cuatro días después de la siembra. A pesar de esto, las semillas del tratamiento testigo mostraron una adaptación favorable a las condiciones ambientales durante el ciclo P-V 2022.

## Discusión

Los resultados obtenidos de este estudio muestran variaciones en el rendimiento de la calabaza y el frijol en respuesta a la aplicación NPs ZnO+Cu. En el caso de la calabaza,

se observó una disminución en el rendimiento en el tratamiento de 100 mg ZnO+Cu L<sup>-1</sup> (T2) en comparación con el tratamiento control (T1), pasando de 9.2 t ha<sup>-1</sup> a 7.3 t ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, es interesante observar que el tratamiento de 200 mg ZnO+Cu L<sup>-1</sup> (T3) mostró un aumento significativo en el rendimiento, alcanzando 9.6 t ha<sup>-1</sup>. Esta respuesta no lineal sugiere que la dosis de nanopartículas puede tener un efecto diferente en función del nivel de concentración. Por otro lado, en el caso del frijol, tanto el tratamiento de 100 mg ZnO+Cu L<sup>-1</sup> (T2) como el de 200 mg ZnO+Cu L<sup>-1</sup> (T3) experimentaron una disminución en el rendimiento en comparación con el tratamiento testigo (T1). Estos resultados apuntan hacia una tendencia general de reducción en el rendimiento del frijol en presencia de nanopartículas, aunque cabe destacar que estas diferencias no alcanzaron significancia estadística en este estudio. La divergencia en las respuestas entre la calabaza y el frijol podría atribuirse a las diferencias en sus requerimientos nutricionales y condiciones de crecimiento. La calabaza pudo haber respondido positivamente a ciertas propiedades de las nanopartículas, mientras que el fue más susceptible a las nanopartículas.

La utilización de nanopartículas de ZnO ha evidenciado impactos positivos en algunos cultivos; Rivera *et al.* (2021) reportaron una mejoría en el rendimiento y la concentración de pulpa en el cultivo de melón (*Cucumis melo* L.) cv Cruiser al aplicar 200 mg L<sup>-1</sup> de NPs ZnO. En colza (*Brassica napus* L.) y rábano (*Raphanus sativus*) se mejoró el alargamiento de la raíz de las semillas. Sin embargo, los efectos tóxicos también se registraron a altas concentraciones de nanopartículas; debido a que la mayoría de las plantas requieren solo 0.05 mg L<sup>-1</sup> de Zn en la solución del suelo para un crecimiento normal, la aplicación de niveles más altos de Zn puede provocar fitotoxicidad (Pudake *et al.*, 2019). El empleo de NPs para estimular la germinación y el vigor de las semillas, mejora el rendimiento de los cultivos aproximadamente en un 16 % con una dosis adecuada; sin embargo, el nivel de respuesta depende del tipo de nanomaterial, su aplicación potencial y el genotipo (Buu *et al.*, 2014).

## Conclusión

1. Se observó una respuesta diferente en el rendimiento para cada cultivo evaluado al aplicar NPs ZnO+Cu, y entre los tratamientos aplicados a los cultivos no se encontraron diferencias estadísticas significativas, aunque la respuesta más favorable de su aplicación fue en el cultivo de calabaza.
2. Este estudio contribuye a la comprensión de cómo las NPs ZnO+Cu y el método de aplicación pueden impactar el rendimiento de diferentes cultivos agrícolas y subraya la complejidad de los resultados en función de las condiciones y los cultivos estudiados.
3. Estos hallazgos ofrecen una base para futuras investigaciones que podrían guiar la aplicación efectiva de nanopartículas en la agricultura, considerando tanto los beneficios potenciales como los posibles desafíos en la mejora de la producción vegetal.

### Agradecimientos

Al personal técnico de la Estación Meteorológica Almaraz y del Laboratorio 14 de la Unidad de Investigación Multidisciplinaria, de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Asimismo, a los programas PAPIME PE208722 y UNAM-PAPIIT IA101523 por el apoyo brindado para el desarrollo y culminación de este trabajo.

### Referencias

Buu, N.Q., Hien, D.T., Chau, N.H., Tin, T.X., Van, N.T. Duong, K.T., & Ha, H.T. (2014). Effects of nano crystalline powders (Fe, Co and Cu) on the germination, growth, crop yield and product quality of soybean (Vietnamese species DT-51). *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology* 5(1), 1-7.

DOI 10.1088/2043-6262/5/1/015016

Carrillo, G. R. & González, C. M. (2009). La nanotecnología en la agricultura y rehabilitación de suelos contaminados. *Revista interdisciplinaria en nanociencias y nanotecnología*, 2(2), 50-63.

Lira, S. R. H., Méndez, A. B., De los Santos, V. G. & Vera. R. I. (2016). Potencial de la nanotecnología para el desarrollo de la agricultura sustentable. Recuperado el 15 de mayo de 2023, de:

<https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/336/1/Potencial%20de%20la%20Nanotecnolog%C3%ADa%20Para%20el%20Desarrollo%20de%20la%20Agricultura%20Sustentable.pdf>.

Lira, S. R. H., Méndez Argüello, B., De los Santos, V. G. & Vera, R. I. (2018). Potencial de la nanotecnología en la agricultura. *Acta Universitaria*, 28(2), 9-24. Doi: 10.15174/au.2018.157

Liza, C. D. (2019). *Efecto del dopaje con cobalto o plata en las propiedades estructurales, ópticas y fotocatalíticas de nanopartículas de titanato de zinc y óxido de zinc*. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Trujillo. Perú. Recuperado el 15 de mayo de 2023, de: <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13205>

Pudake, R., Chauhan, N., & Kole, C. (2019). *Nanoscience for sustainable agriculture*. Springer International Publishing.

Rekha, K., Nirmala, M., Nair, M., & Anukaliani, A. (2010). Structure, optical, photocatalytic and antibacterial activity of zinc oxide and manganese doped zinc oxide nanoparticles. *Physica B: Condensed Matter*, 405(15), 3180-3185. Doi: 10.1016/j.physb.2010.04.042

Rivera, G. R. G., Preciado, R. P., Fortis. H. M., Betancourt. G. R., Yescas. C. P. & Orozco V. J. (2021). Nanopartículas de óxido de zinc y su efecto en el rendimiento y calidad del melón. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(5), 791-803.

Ruiz, T. N., García, L. J., Lira, S. R., Vera, R. I. & Méndez, A. B. (2016). Efecto de Nanopartículas Metálicas y Derivadas del Carbón en la Fisiología de Semillas. Recuperado el 15 de mayo de 2023, de: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/330/1/Efecto%20de%20Nanopart%3%adculas%20Met%3%a1licas%20y%20Derivadas%20del%20Carb%3%bn%20en%20la%20Fisiolog%3%ada%20de%20Semillas.pdf>

Yruela, I. (2005). Copper in plants. *Braz. J. Plant Physiol.*, 17(1), 145-156. Doi:10.1590/S1677-04202005000100012

## DESARROLLO DE UN CULTIVADOR ADAPTADO A UNA CUATRIMOTO

Carlos Gómez-García\*, Andrés Herrera-Vázquez, Job Anastasio Zaragoza-Esparza y Rogelio Solís-Solís

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM

\*[carlosgg@unam.mx](mailto:carlosgg@unam.mx)

### Resumen

Se desarrolló un cultivador de tres cuerpos para ser adaptado y accionado por una cuatrimoto de 38 hp en sustitución de un tractor convencional, con el objetivo de reducir costos de operación de la actividad de desmalezado mecánico y con ello incidir en bajar el costo total de producción. Se utilizaron perfiles cuadrados de PTR de 3", se cortaron, se soldaron y se atornillaron para fijar cada uno de los cuerpos. Finalmente, fue pintado de color negro de acuerdo con un diseño previamente establecido. Se realizaron pruebas de funcionamiento para observar la efectividad durante el trabajo, además se registró una fuerza de tracción requerida de 852.5 N en promedio, trabajando a una velocidad de 3.75 km/h, que correspondió a una energía gastada de 2,094,592 J, durante un periodo de 39 minutos. La efectividad de eliminación de malezas fue del 83.2%. Se determinó que la capacidad efectiva de campo fue de 0.191 ha h<sup>-1</sup> bajo una eficiencia de campo de 82.1%. Se pudo registrar una efectividad aceptable en la eliminación de malezas y un bajo consumo de energía del equipo cultivador-cuatrimoto durante las pruebas de campo.

**Palabras clave:** fuerza de tracción, potencia, energía, eficiencia.

### Introducción

Una de las principales actividades al establecer un cultivo en campo, es el proteger al cultivo de las plagas, enfermedades y de las malezas (Rodríguez, 2020). Estas últimas se presentan al momento de la siembra del cultivo, una vez que el suelo está húmedo por efecto de las lluvias o por aplicar un riego para estimular la germinación de las semillas, el cultivo coexistirá entonces compartiendo el espacio con otras especies vegetales consideradas malezas que solo esperan el agua para poder emerger del suelo. Las malezas están mejor adaptadas a condiciones adversas y se desarrollan rápidamente y entran en competencia con el cultivo, compiten por agua, nutrientes, luz solar y espacio (Rodríguez, 2020). Esto induce que las hierbas indeseables sean eliminadas para dejar al cultivo sin competencia y se logre la producción de alimentos. Uno de los métodos usados comúnmente en la agricultura para eliminar malezas es el mecánico, que consiste en arrancar las hierbas indeseables por medio de un cultivador que consta de 3 cuerpos de arado simétricos, construido en FES Cuautitlán, que, al ser arrastrado por una fuente de potencia, que en este caso es una cuatrimoto, los cuerpos del cultivador van cortando y arrancando las hierbas indeseables. El equipo en cuestión es ligero y se buscó sea adaptado a una cuatrimoto de 38 hp de potencia en el motor, que provee la fuerza para tirar del cultivador. Aunque existen equipos similares en el mercado jalados por tractores agrícolas convencionales (Maquinaria agrícola, 2023), se optó por una cuatrimoto que es hasta 5 veces menos costoso que un tractor convencional, lo que representa una menor inversión y con ello una baja en el costo operacional (Hunt, 2001). Se seleccionó el sistema mecánico de eliminación de malezas debido a que es amigable con el medio ambiente, ya que los métodos químicos utilizan herbicidas (Infoagro, 2019), venenos que se vierten al suelo o a los depósitos de agua superficial o permean a las profundidades contaminando los mantos acuíferos. Uno de los inconvenientes que se observaron durante los ensayos en campo, es el calentamiento prematuro de la cuatrimoto, lo cual no permitió trabajar continuamente por largas jornadas, lo que conllevó que cada 20 minutos se tuvo que dejar enfriar el motor. Las interrupciones también repercutieron sensiblemente a una baja en la eficiencia de campo. Esta fue una de las principales razones por la cual se propuso que la actividad fuera ligera

y se tomó como referencia la operación de cultivo que bien puede complementarse en el futuro con otras operaciones también ligeras con bajos requerimientos de carga.

## Objetivos

1. Desarrollar un equipo cultivador para eliminar malezas en campos agrícolas que se adapte a una cuatrimoto en sustitución a un tractor agrícola convencional.
2. Reducir sustancialmente la inversión en la compra de maquinaria agrícola y en consecuencia los costos de operación.

## Materiales y Métodos

Los materiales utilizados para desarrollar el implemento cultivador son: Perfiles PTR de 3" cuadrado, cortadora de disco para metal, tornillería, soldadura y soldadora, pintura, compresora para pintar con pistola, arados simétricos de doble vertedera ligeros, taladro de banco. Un campo agrícola de 1 ha, una cuatrimoto de 38 hp, sistema de enganche esfera-capuchón, un dinamómetro digital de 2000 libras fuerza.

### *Desarrollo del cultivador*

El procedimiento de construcción del cultivador consistió en cortar los perfiles metálicos para tener un bastidor donde se montan los cuerpos cultivadores. Cada cuerpo se cortó para obtener una altura de 50 cm, uniendo dos piezas, una vertical y otra en posición diagonal para desviar la orientación de cada arado hacia el centro de resistencia durante el trabajo. Esto se logró orientando las dos piezas cortadas y soldadas con una inclinación de 85° respecto a la vertical, donde finalmente se montaron los cuerpos de arados. El armado (Quezada, 2011) se concluyó cuando se montaron todas las partes, los cuerpos cultivadores sobre el bastidor horizontal por un sistema de anillo abrazadera, mientras que el sistema de enganche sobre el brazo de tiro. Para fijar cada cuerpo se utilizaron

tornillos y tuercas hexagonales. Al final las dimensiones del cultivador son tal y como se muestran en la sección de resultados (Figura 1).

### ***Cálculo de la capacidad efectiva de campo***

El cálculo se realizó utilizando la siguiente ecuación (Hunt, 2001).

$$CE = \frac{a \cdot V \cdot E}{10} \quad (1)$$

Donde: CE es la capacidad efectiva de campo, ha/h

a es el ancho de corte efectivo del cultivador trabajando en campo, m

V es la velocidad de avance durante la operación de cultivo; km/h

E es la eficiencia de campo de la operación de cultivo, en decimales

$$E = \left( \frac{t_u}{t_u + t_i} \right) * 100 \quad (2)$$

$t_u$  es el tiempo útil o productivo durante la operación de cultivo, h

$t_i$  es el tiempo improductivo o tiempo muerto durante la operación; h

también la  $E = \frac{S}{t_u + t_i}$  (3)

S es la superficie trabajada, en ha

### ***Determinación de la efectividad de desmalezado del equipo***

Para esto se tomó como referencia 1 m lineal contando las malezas presentes en ese espacio, posteriormente se hizo pasar el equipo y se contaron las malezas no eliminadas. De esta manera se determinó la efectividad de desmalezado dado en porcentaje, aplicando la siguiente ecuación:

$$Ef = \left( \frac{me}{nt} \right) * 100 \quad (4)$$

Donde: Ef es la efectividad de desmalezado en %

me es el número de malezas eliminadas en un metro lineal con un ancho de 0.35 m de corte.

nt es el número total de malezas existentes en un metro lineal con un ancho de corte de 0.35 m.

El área que se muestrea en campo es de 0.35 m<sup>2</sup> por cada cuerpo del cultivador

### ***Fuerza de tracción desarrollada***

La medición de la fuerza de tracción durante el trabajo en unidades de N (Newton). Se realizó directamente enganchando un dinamómetro al punto de enganche de la cuatrimoto y del dinamómetro al cultivador.

### ***Potencia desarrollada***

La potencia se calcula una vez que se tiene registrada la fuerza de tracción y la velocidad de avance, por medio de la siguiente ecuación:

$$P = F * V \quad 5)$$

Donde P es la potencia desarrollada, en W

F es la fuerza de tracción desarrollada, en N

V es la velocidad de avance durante el trabajo de cultivo, en m/s

### ***Energía gastada***

Analizando las unidades de la potencia de la ecuación 5, se puede afirmar que es la energía que se produce o se gasta en un segundo y está dada por la ecuación siguiente:

$$P = \frac{F * d}{S}$$

Donde d es la distancia, en m

s es el tiempo de un segundo

Las unidades quedan como sigue:

$$P = \frac{N * m}{S}$$

Donde  $N*m = J$  es Joule que es la unidad de energía en el SI.

Entonces la energía  $E$  total gastada es:

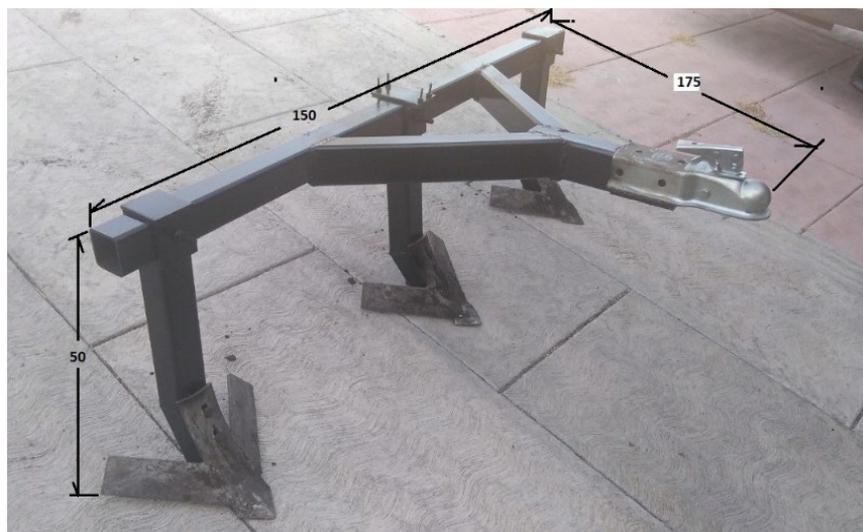
$$E = \left(\frac{F*d}{S}\right) n \quad (6)$$

Donde  $n$  es el número de segundos totales trabajados

## Resultados

### *Producto obtenido*

El equipo cultivador de 3 cuerpos es el producto obtenido, construido y adaptado a una cuatrimoto con el propósito de abaratar costos de operación en esa actividad. La Figura 1 muestra las dimensiones y forma de este implemento.



**Figura 1. Vista general y dimensiones del cultivador, con sistema de enganche esfera-capuchón. Peso total de 47.5 kg (Fuente: autoría propia).**

### ***Eficiencia de campo***

Se registró una eficiencia de campo del 82.15% calculado por la ecuación 2, valor que corresponde al tiempo  $t_u$  como se muestra en la Tabla 1.

**Tabla 1. Tiempos registrados durante el trabajo de campo (Fuente: elaboración propia)**

Tipo de tiempo	Duración en h	Expresado en porcentaje (%)
$t_u$	0.534	82.15
$t_v$	0.0967	14.88
$t_i$	0.0194	2.98
total	0.6500	100

Nota:  $t_v$  tiempo perdido en virajes,  $t_2$  tiempo perdido en ajustes durante el trabajo.

### ***Capacidad de campo efectiva***

Este valor encontrado se muestra en la Tabla 2, calculado por la ecuación 1.

**Tabla 2. Capacidad de campo efectiva (Elaboración propia).**

Ancho efectivo de corte (m)	Velocidad de avance ( $\text{km h}^{-1}$ )	Eficiencia de campo (decimal)	Capacidad de campo efectiva ( $\text{ha h}^{-1}$ )
0.62	3.75	0.8215	0.191

### ***Efectividad de desmalezado***

Consiste en determinar el número de malezas eliminadas de un total de malezas presentes en un área de  $0.35 \text{ m}^2$  correspondiente a cada cuerpo de cultivador. Los resultados se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3. Efectividad de desmalezado del cultivador (Elaboración propia).**

Número de cuerpo	Total, de malezas presentes promedio (mt)	Promedio de malezas no eliminadas
1	165	16
2	78	14
3	48	19
promedio	97	16.33

$$E_f = 80.7 / 97 * 100 = 83.17 \%$$

### ***Potencia desarrollada y energía gastada***

Los valores de potencia necesaria y energía gastada sólo para trabajar en campo haciendo una labor de desmalezado, se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4. Potencia desarrollada y energía gastada en la operación de desmalezado, por un tiempo corto de 39 min (Elaboración propia).**

Fuerza, N	Velocidad, (ms <sup>-1</sup> )	Potencia, W	Tiempo total (s)	Energía total gastada (J)	Energía (Cal)
852.5	1.05	895.1	2,340	2,094,592	500,285

Nota: 1 caloría (cal) = 4.1868 J

### **Discusión**

El equipo cultivador puede realizar la labor de desmalezado en campo, de preferencia cuando la maleza se encuentra en los primeros estadios de desarrollo y ha alcanzado una altura de entre los 10 cm y 15 cm. En esta etapa aun no presenta una alta competencia con el cultivo y el cultivador puede arrancarlas con menos esfuerzo físico,

razón por la cual se le considera una actividad ligera. Malezas de mayor altura requieren de mayor potencia y energía para ser eliminadas y el equipo cultivador-cuatrimoto disminuyen su velocidad de avance, entonces el tiempo para terminar la tarea aumenta. La diferencia entre la fuerza de tiro de 852.5 N, equivalente a 87 kgf, menos 47.5 kg que representa el peso del implemento, tiene como resultado 39.5 kgf corresponde a la resistencia específica al corte del suelo y a la resistencia al corte de las malezas. Realizar la operación de cultivo o desmalezado por este sistema cuatrimoto-cultivador-desmalezador, representa una disminución en la inversión de hasta 1/5 parte, comparado con la inversión en la compra de un tractor convencional.

## Conclusiones

1. Los objetivos planteados se cumplieron.
2. La agricultura que se desarrolla en pequeñas superficies agrícolas debe considerar mantener un equilibrio con el tamaño de las máquinas para evitar elevar los costos de operación.
3. Es fundamental realizar un análisis de la relación superficie-tamaño de máquinas-cultivo-costos en la agricultura para evitar costos elevados.
4. La demanda de potencia en la agricultura generalmente es alta, en las superficies pequeñas generalmente se excede al utilizar máquinas grandes de gran potencia.
5. La eliminación de malezas en los cultivos por el método mecánico es un método amigable con el medio ambiente, si lo utilizas, “tus hijos te lo agradecerán”.

## Agradecimientos

A la Dirección General de Apoyo al Personal Académico de la UNAM, por su apoyo económico a través del proyecto PAPIME PE 208022 y a la FES Cuautitlán por las facilidades prestadas para llevar a cabo este proyecto.

## Referencias

Rodríguez, B. (2020, 13 de septiembre). Malezas, concepto, origen, evolución y efectos. Microsoft Bing

<https://www.bing.com/search?q=malezas%2C+conceptos%2C+origen%2C+evolucion+y+efectos&form=ANSPH1&refig=7c1be2951ddb4c009fff8e7c915b216a&pc=U531>

Hunt, D. (2001). Farm power and machinery management, tenth edition, Wiley.

Infoagro. (2020, 21 de diciembre). 10 maneras de eliminar malezas sin agroquímicos. Malezas. <https://infoagronomo.net/10-maneras-de-eliminar-malezas-sin-agroquimicos/>

John Deere. (2023, 13 de julio). Todo Sobre Maquinaria Agrícola, . Cultivadores. <https://www.bing.com/search?q=Maquinaria+agr%C3%ADcola%2C+cultivadores&qs=n&form=QBRE&sp=1&ghc=1&lq=0&pq=maquinaria+agr%C3%ADcola%2C+cultivadores&sc=533&sk=&cvid=CC4BA1135D064574A19E91D9A984232F&ghsh=0&ghacc=0&ghpl=>

Quezada, A. J. G. (2011). Manual de dibujo mecánico. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Ingeniería Mecánica, México.

## PC PUMA, SU IMPACTO EN LA FES CUAUTITLÁN UNAM

Angélica Espinoza-Godínez <sup>1\*</sup> y José Luis Garza-Rivera <sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Centro de Tecnologías en Cómputo y Comunicación*

<sup>2</sup>*Coordinación de Bibliotecas y Hemerotecas. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán*

*Universidad Nacional Autónoma de México*

[\\*anesgo@comunidad.unam.mx](mailto:anesgo@comunidad.unam.mx)

### Resumen

El programa de conectividad móvil, PC Puma, es un proyecto institucional de propósito académico para estudiantes, profesores y comunidad universitaria en general, integra las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) con las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC). Busca la reducción de la brecha tecnológica entre estudiantes y académicos, brinda servicios de conectividad inalámbrica y préstamo de equipos de cómputo, facilita el acceso y uso de herramientas y contenidos digitales para los planes de estudios de las entidades y dependencias de la UNAM. PC Puma inició en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES Cuautitlán) en Campo Cuatro, luego, en Campo Uno y posteriormente en el Centro de Asimilación Tecnológica (CAT). El objetivo de este trabajo es analizar y difundir el impacto de PC Puma en la FES Cuautitlán UNAM, particularmente, en el mejoramiento de los servicios de red inalámbrica de Campo Cuatro. La información analizada fue producida en Aruba Central, la cual es una plataforma para la administración de redes informáticas en la nube con acceso vía web, mediante la generación de informes. Se puede concluir que el proyecto PC Puma tuvo un impacto positivo porque se pudieron medir y analizar variables del servicio brindado como el uso de datos, la cantidad de clientes y los sitios con las mayores transferencias durante el ciclo escolar 2022-2023 y con ello, buscar el mejoramiento puntual o futuro de los servicios de red del campus. Asimismo, este proyecto ha facilitado a la comunidad universitaria conectar sus dispositivos móviles y sus equipos de escritorio a Internet a través de Red-UNAM mediante el despliegue de los servicios de red inalámbrica como

PC PUMA FESC C4, RIU y eduroam; lo que significa, acceso a otros servicios digitales de la UNAM y conectividad móvil e inalámbrica para realizar sus actividades cotidianas.

**Palabras clave:** Wi-Fi, WLAN, servicios de red inalámbrica, Aruba Central, conectividad móvil.

## Introducción

El programa de conectividad móvil, PC Puma, es un proyecto de la UNAM que consiste en incorporar el uso de las tecnologías de información y comunicación a la academia e investigación (Secretaría de Desarrollo Institucional, 2023b), es promovido por la Secretaría de Desarrollo Institucional y desarrollado por la Coordinación de Proyectos Tecnológicos y de Innovación. Este proyecto fue creado en 2013, en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia en Ciudad Universitaria, atendiendo la necesidad de estudiantes y personal académico de tener a su alcance equipo de cómputo y conectividad inalámbrica con cobertura total (Secretaría de Desarrollo Institucional, 2023a).

PC Puma, es un proyecto institucional de propósito académico para estudiantes, profesores y comunidad universitaria en general, integra las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) con las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC), busca la reducción de la brecha tecnológica entre estudiantes y académicos, brinda servicios de conectividad inalámbrica y préstamo de equipos de cómputo, facilita el acceso y uso de herramientas y contenidos digitales para los planes de estudios de las entidades y dependencias de la UNAM.

En la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES Cuautitlán), el proyecto arrancó en Campo Cuatro; luego, en Campo Uno y posteriormente, en el Centro de Asimilación Tecnológica (CAT).

El objetivo de este trabajo es analizar y difundir el impacto de PC Puma en la FES Cuautitlán UNAM, particularmente, en el mejoramiento de los servicios de red inalámbrica de Campo Cuatro. Para lo cual, se han identificado tres variables: el uso de datos, la

cantidad de clientes y los sitios con las mayores transferencias de datos durante el ciclo escolar 2022-2023 de la UNAM (del lunes 8 de agosto de 2022 al domingo 6 de agosto de 2023).

## Objetivo

Analizar y difundir el impacto de PC Puma en la FES Cuautitlán UNAM, particularmente, en el mejoramiento de los servicios de red inalámbrica de Campo Cuatro.

## Servicios de red inalámbrica en la FES Cuautitlán Campo Cuatro

Los servicios de red inalámbrica de la FES Cuautitlán, Campo Cuatro, están integrados por elementos de infraestructura de comunicaciones distribuidos en todo el campus para que la comunidad universitaria pueda conectar a Internet sus dispositivos móviles y sus equipos de escritorio a través de Red-UNAM. Esta infraestructura, permite la difusión de varias redes inalámbricas como servicio de conexión a Internet. La red inalámbrica “.:PC Puma FESC C4:.” es un servicio de conectividad móvil y está disponible gratuitamente en todo el campus para la comunidad de esta Facultad. La Red Inalámbrica Universitaria, RIU (Dirección General de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación, 2022b) es un servicio de conexión inalámbrica institucional al alcance de la comunidad UNAM en este campus, requiere un usuario y contraseña otorgados por la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC) de la UNAM. Eduroam (Dirección General de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación, 2022a) es un servicio mundial de conexión Wi-Fi gratuita, se encuentra disponible dentro de universidades y centros de investigación en más de 100 países participantes.

## *PC Puma en la FES Cuautitlán Campo Cuatro*

En la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FES Cuautitlán), PC Puma inició en el año 2020 en Campo Cuatro con una infraestructura de comunicaciones de 422 antenas inalámbricas, 13 kilómetros de fibra óptica y 35 *switches*, uno principal con 64 puertos para conectar fibra óptica (Elizondo Alvarado, 2020). En el año 2021, se continuó el trabajo de conexión móvil en Campo Uno con 193 antenas instaladas y, en el Centro de Asimilación Tecnológica (CAT) con el establecimiento de 45 dispositivos (Alvarado Sánchez, 2021).

Actualmente, en Campo Cuatro el identificador de red de área local inalámbrica o SSID (*Service Set Identifier*) del servicio de PC Puma es “.:PC Puma FESC C4:.”, no solicita usuario y contraseña para conectarse. Si el equipo móvil del usuario lo permite, se establece el método de autenticación abierto mejorado (Enhanced Open) con cifrado inalámbrico oportunista (OWE, *Opportunistic Wireless Encryption*), con el cual se brinda una protección en la transmisión de datos realizando un cifrado de datos entre ese equipo móvil y el punto de acceso por medio del estándar WPA3 (Hewlett Packard Enterprise Development LP, 2018).

La administración de la infraestructura de comunicaciones y de los servicios de red inalámbrica se han llevado a cabo, en buena medida, a través de Aruba Central, la cual es una plataforma para la administración de redes informáticas en la nube con acceso vía web (Hewlett Packard Enterprise Development LP, 2023).

#### *Impacto de PC Puma en la FES Cuautitlán Campo Cuatro*

En Aruba Central se pueden generar informes por categoría de clientes, de infraestructura, de seguridad y otros. Se realizó una exploración de los datos ofrecidos en los informes y se identificaron posibles variables de estudio.

Para analizar el impacto de PC Puma en la FES Cuautitlán Campo Cuatro se identificaron tres variables: el uso de datos, la cantidad de clientes y los sitios con las mayores transferencias de datos durante el ciclo escolar 2022-2023 de la UNAM, período comprendido del lunes 8 de agosto de 2022 al domingo 6 de agosto de 2023). Para

obtener los valores de dichas variables de estudio se creó y programó un informe anual de clientes tipo resumen, incluyendo este período.

En cuanto a la variable del uso de datos en el ciclo escolar 2022-2023 se obtuvieron los valores mostrados en la Tabla 1, donde el total de datos transferidos fue de 228.89 TB, de los cuales 200.23 TB fueron datos descargados y 28.66 TB datos cargados.

**Tabla 1. Uso de datos de PC Puma de la FES Cuautitlán, Campo Cuatro en el ciclo escolar 2022-2023 (Elaboración propia).**

Datos descargados (TB)	Datos cargados (TB)	Total de datos transferidos (TB)
200.23	28.66	228.89

En lo que respecta a la variable de la cantidad de clientes, se identificaron las semanas con más clientes en el informe anual y se crearon dos informes semanales de clientes tipo resumen para ubicar con mayor detalle los días con la mayor cantidad de clientes en los semestres 2023-1 y 2023-2. En la Tabla 2, se muestran los días con la mayor cantidad de clientes, donde el semestre 2023-1 presentó la primera posición con un máximo de 12,930 clientes únicos durante el martes 6 de septiembre de 2022. Es pertinente indicar que, en la semana siguiente, el lunes 12 de septiembre de 2022, los estudiantes tomaron la decisión de establecer un paro indefinido en Campo Cuatro (Dirección, 2022) y las actividades en el campus se regularizaron al recalendarizar el semestre 2023-1 el 9 de noviembre de 2022 (H. Consejo Técnico, 2022).

Durante el semestre 2023-2, el martes 16 de mayo de 2023 fue el día cuando ocurrió un máximo de 13,270 clientes únicos, ver Tabla 2. Cabe señalar que, en este caso, los días de más clientes ocurrieron en una de las semanas del período de exámenes del calendario escolar 2022-2023 de la UNAM (Dirección General de Administración Escolar, 2022).

**Tabla 2. Días con la mayor cantidad de clientes en el ciclo escolar 2022-2023  
(Elaboración propia).**

	<b>Primera Clientes (día)</b>	<b>Segunda Clientes (día)</b>	<b>Tercera Clientes (día)</b>
Semestre 2023-1	12,930 (Sep 06, 2022)	12,750 (Sep 05, 2022)	12,650 (Sep 07, 2022)
Semestre 2023-2	13,270 (May 16, 2023)	12,880 (May 17, 2023)	11,090 (May 15, 2023)

En la Figura 1 y la Figura 2, se presentan las gráficas de los informes semanales de clientes tipo resumen del semestre 2023-1 y 2023-2 respectivamente. En estas Figuras, los puntos de color azul indican la primera posición para el valor más alto de clientes únicos, es decir, el punto máximo, los puntos de color verde indican la segunda posición y los puntos de color café la tercera posición.



**Figura 1. Días con la mayor cantidad de clientes en el semestre 2023-1 (Elaboración propia).**



**Figura 2. Días con la mayor cantidad de clientes en el semestre 2023-2 (Elaboración propia).**

Para la variable de los sitios con las mayores transferencias de datos, se procesó la información generada por el informe anual con las diez antenas de mayor uso de datos. De acuerdo con el análisis del informe anual, los sitios Biblioteca, Edificio A6 y Edificio A7 concentraron las diez antenas o puntos de acceso con el mayor uso de datos durante el ciclo escolar 2022-2023. La Tabla 3 muestra estos sitios, el nombre de la antena y los datos transferidos en terabytes. Al sumar los datos de las antenas del Edificio A6, da un total de 15.1 terabytes de datos transferidos, ubicándolo como el sitio con las antenas de mayor transferencia de datos. Es importante señalar que, el Edificio A6 y Edificio A7 son los sitios donde se ubican las aulas de la Licenciatura en Administración y la Licenciatura en Contaduría en este campus.

**Tabla 3. Sitios de PC Puma de la FES Cuautitlán, Campo Cuatro con las antenas de mayor uso de datos (Elaboración propia).**

	Nombre de antena	Datos transferidos (TB)
Biblioteca	Hemeroteca	5.81
Biblioteca	P.A-Area de Estudio	3.68
Edificio A6	A-601	3.52
Edificio A6	A-613	3.15
Edificio A6	A-606	3.04
Edificio A6	A-614	2.72
Edificio A6	A-612	2.67
Edificio A7	Exterior hacia Explanada	3.81
Edificio A7	A-702	2.81
Edificio A7	A-705	2.73

### Conclusión

Se puede concluir que el proyecto PC Puma en la FES Cuautitlán Campo Cuatro tuvo un impacto positivo porque se pudieron medir y analizar algunas de las variables del servicio brindado durante el ciclo escolar 2022-2023 y con ello, buscar el mejoramiento puntual o futuro de los servicios de red del campus:

- La variable del uso de datos indicó un total de datos transferidos de 228.89 TB, lo que significa un volumen importante de datos relacionado con el mejoramiento de la capacidad del ancho de banda de los enlaces de Internet del campus, la velocidad del medio de fibra óptica, la disponibilidad y cobertura de las antenas inalámbricas en todo el campus, entre otras.
- La variable cantidad de clientes tuvo su máximo valor de 12,930 clientes únicos durante el martes 6 de septiembre de 2022 y de 13,270 el martes 16 de mayo de 2023. Lo anterior, se podría relacionar con el mejoramiento de las capacidades de direccionamiento de red y del servicio de DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol).
- La variable de los sitios con las mayores transferencias de datos indicó que la Biblioteca, Edificio A6 y Edificio A7 concentraron las diez antenas o puntos de acceso con el mayor uso de datos. El conocer el sitio y las antenas con mayor uso podría ayudar al mejoramiento de la capacidad tecnológica de antenas o el aumento de la cantidad de antenas por sitio.

Asimismo, este proyecto ha facilitado a la comunidad universitaria conectar sus dispositivos móviles y sus equipos de escritorio a Internet a través de Red-UNAM mediante el despliegue de los servicios de red inalámbrica como PC PUMA FESC C4, RIU y eduroam en todo el campus; lo que significa, acceso a otros servicios digitales de la UNAM y conectividad móvil e inalámbrica para realizar sus actividades cotidianas.

Establecer variables de estudio de los servicios de red inalámbrica ha sido posible con la infraestructura del proyecto PC Puma en la FES Cuautitlán Campo Cuatro. Como trabajo posterior, se podría seguir generando información similar o con mayor detalle para resolver problemas específicos de estos servicios.

### Agradecimientos

Se agradece el apoyo del programa UNAM-DGAPA-PAPIME con los proyectos PE103023 y PE103223. Asimismo, al programa UNAM-DGAPA-PAPIIT con el proyecto IA102323.

### Referencias

- Alvarado, S. L. (2021). Inicia la instalación de PC Puma en el CAT. *Gaceta UNAM Comunidad. Órgano informativo de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán*, 20(16), 5. <http://gacetacomunidad.cuautitlan.unam.mx/gaceta-comunidad-pdf/comunidad-10-de-octubre-2021/>
- Dirección. (2022). *Comunicado Oficial 12*. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Universidad Nacional Autónoma de México. [https://www.cuautitlan.unam.mx/comunicados\\_fesc/2022/Comunicado12.jpg](https://www.cuautitlan.unam.mx/comunicados_fesc/2022/Comunicado12.jpg)
- Dirección General de Administración Escolar. (2022). *Calendarios Escolares - UNAM*. Universidad Nacional Autónoma de México. [https://www.dgae.unam.mx/calendarios\\_escolares.html](https://www.dgae.unam.mx/calendarios_escolares.html)
- Dirección General de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación. (2022a). *eduroam*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.eduroam.unam.mx/>
- Dirección General de Cómputo y Tecnologías de Información y Comunicación. (2022b). *Red inalámbrica universitaria - RIU*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.riu.unam.mx/>
- Elizondo, A. M. D. (2020). Inicia el PC Puma más grande de la UNAM. *Gaceta UNAM*



---

MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)  
Año 6, No. 6, septiembre 2023 – agosto 2024

---



Comunidad. Órgano informativo de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, 20(5), 4–4. [http://gacetacomunidad.cuautitlan.unam.mx/wp-content/uploads/2020/03/GC\\_25\\_marzo\\_20201.pdf](http://gacetacomunidad.cuautitlan.unam.mx/wp-content/uploads/2020/03/GC_25_marzo_20201.pdf)

H. Consejo Técnico. (2022). *Comunicado Oficial 54*. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Universidad Nacional Autónoma de México. [https://www.cuautitlan.unam.mx/comunicados\\_fesc/2022/Comunicado54.pdf](https://www.cuautitlan.unam.mx/comunicados_fesc/2022/Comunicado54.pdf)

Hewlett Packard Enterprise Development LP. (2018). *INFORME TÉCNICO WPA3 Y ENHANCED OPEN: SEGURIDAD WI-FI DE PRÓXIMA GENERACIÓN*. [https://www.arubanetworks.com/assets/es/wp/WP\\_WPA3-Enhanced-Open.pdf](https://www.arubanetworks.com/assets/es/wp/WP_WPA3-Enhanced-Open.pdf)

Hewlett Packard Enterprise Development LP. (2023). *Aruba Central para redes administradas en la nube | HPE Aruba Networking*. <https://www.arubanetworks.com/latam/productos/gestion-de-redes/central/>

Secretaría de Desarrollo Institucional. (2023a). *PC Puma. Nosotros*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://pcpuma.unam.mx/nosotros.php>

Secretaría de Desarrollo Institucional. (2023b). *PC Puma*. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://pcpuma.unam.mx/index.php>

## LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DESCUBRIMIENTO DE NUEVOS FÁRMACOS PARA EL CONTROL DEL CÁNCER

Juan Manuel Aceves-Hernández\*, Alin Miramontes, Jesús Moisés Hernández-Duarte  
*FES Cuautitlán UNAM*

\*[juanmanuel.is.acevesh@gmail.com](mailto:juanmanuel.is.acevesh@gmail.com)

### Resumen

El Imatinib, uno de los fármacos que se descubrió *in Silico*, antes de obtenerse en el laboratorio, se seleccionó para obtener algunos de sus derivados, también *in Silico*. En este trabajo se presenta la metodología aplicada, así como algunos métodos basados en Inteligencia Artificial que se aplicaron para la predicción de propiedades fisicoquímicas y farmacológicas de los nuevos derivados y su posible obtención en el laboratorio. Basándonos en una descripción de la estructura de una proteína cinasa se pensó en las modificaciones estructurales y de composición al Imatinib, estos derivados se cargaron a dos plataformas que trabajan con redes neuronales para predecir propiedades y actividad biológica, dichas plataformas fueron alimentadas con bases de datos de más de 100,000 compuestos conocidos con y sin actividad biológica. De esta manera fue posible seleccionar tres de los compuestos que presentaron características como potenciales inhibidores de tirosina-cinasas, a los que llamamos compuestos líderes de nuestra búsqueda y que son potenciales fármacos para control de cáncer, como el Imatinib.

**Palabras clave:** *In Silico*, modelado molecular, derivados Imatinib, Apoptosis, redes Neuronales.

### Introducción

El cáncer es un proceso de crecimiento y diseminación incontrolado de células y puede aparecer prácticamente en cualquier lugar del cuerpo, el tumor suele invadir el tejido circundante y puede provocar metástasis en puntos distantes del organismo, es causado por alteraciones genéticas y epigenéticas, provocadas por factores hereditarios y

ambientales. El cáncer es una de las principales causas de morbilidad y la segunda causa de muerte en el mundo, casi 1 de cada 6 defunciones en el mundo se debe a esta enfermedad (Organización Mundial de la Salud, 2022). La leucemia es un cáncer en las células sanguíneas, las cuales en su mayoría se forman en la médula ósea, estas células no funcionan adecuadamente y desplazan las células sanguíneas normales; existen diversos tipos de leucemia y estos dependen del tipo de célula sanguínea que se convierte en cancerígena. La leucemia se presenta más frecuentemente en adultos mayores a los 55 años, pero también es el cáncer más común en menores de 15 años (Instituto Nacional de Cancerología, 2017). La leucemia es responsable aproximadamente del 3% de todos los cánceres humanos, con una incidencia mundial de aproximadamente 6 a 10 casos por 100,000 personas. En específico, la Leucemia Mieloide Crónica (LMC) tiene una incidencia de 1-2 casos por cada 100,000 personas y es responsable del 15-20% de todas las leucemias del adulto.

La Leucemia Mieloide Crónica (LMC) fue el primer cáncer vinculado casualmente a una anomalía genética, siendo un cromosoma anormal el que se asociaba a esta enfermedad, denominado “Cromosoma Philadelphia” (Ph1), esto consiste en una mutación BCR-ABL (oncoproteína) llamado así, ya que existe una translocación o intercambio de material genético entre los brazos largos de los cromosomas 9 y 22 (Catalina, 2010); se ha comprobado que este cromosoma está presente en el 95% de los casos de LMC y que la transformación se origina en la célula madre hematopoyética primitiva, lo que lleva a una proliferación clonal de células madre mieloides malignas y con ello un número excesivo de células mieloides en todas las fases de maduración (Carretero, 2003).

A nivel molecular, el Ph1 se expresa en una proteína anormal de la familia de las cinasas llamada tirosina-cinasa BCR-ABL (dependiendo de la región donde ocurra el re-arreglo genómico, puede dar origen a varios tipos de proteínas de fusión BCR-ABL, siendo las más comunes las de 210, 190 y 230 kDa, cuya actividad anormal afecta procesos básicos de la célula tales como señalización mitogénica constitutivamente activa, adherencia defectuosa a células estromales y matriz extracelular así como una reducción en la respuesta a estímulos inductores de apoptosis, es decir que tales células no pueden llevar

a cabo sus funciones de manera adecuada y que además, no mueren en un ciclo normal, sino que se multiplican hasta desplazar a las células sanas, comprometiendo el sistema inmune del paciente (Camargo, 2008).

El imatinib es el primer inhibidor de la tirosina quinasa BCR-ABL disponible para uso clínico, es un derivado de la 2-fenilaminopirimidina (un antagonista de las tirosinquinasa proteínicas y ejerce una inhibición potente y específica de BCR-ABL; el imatinib actúa específicamente bloqueando el lugar de unión para el ATP en la tirosina quinasa BCR-ABL, lo que resulta en impedir la transducción de señales necesarias para la proliferación celular e inducir la apoptosis en las células Ph<sup>+</sup> y que albergan tirosina quinasa BCR-ABL, es decir, inhibe sólo la causa específica de la LMC siendo un tratamiento eficaz y selectivo que cumple con el objetivo del tratamiento dirigido a la causa molecular (Carretero, 2003).

Se sabe que los costos de un fármaco desarrollado y aprobado por una compañía farmacéutica es en promedio de 1 a 2 mil millones de dólares y puede durar ente 10-17 años (Maia *et al.*, 2020); esto es bajo el método histórico de prueba y error que no resulta eficiente en la actualidad; sin embargo, el diseño racional de fármaco se basa en el conocimiento de las rutas bioquímicas involucradas en la enfermedad o procesos biológicos de interés, hoy en día los métodos computacionales para este fin han contribuido al análisis eficiente de datos, una mejor y reducida selección de moléculas para evaluación experimental y a la formulación de hipótesis sobre los mecanismos de acción, así como al diseño de nuevas estructuras químicas más selectivas y específicas, lo que resulta en terapias más seguras y accesibles para el paciente, a menor costo y en menor tiempo (Saldívar, 2016).

La inteligencia artificial (IA) se está utilizando cada vez más en el diseño de fármacos para acelerar el proceso de descubrimiento de nuevos medicamentos y reducir el costo y el riesgo asociados con los ensayos clínicos. La IA puede ayudar a los científicos a predecir la actividad biológica de las moléculas y optimizar las propiedades farmacocinéticas, como la absorción, la distribución, el metabolismo y la eliminación.

Además, puede ayudar a los investigadores a identificar posibles efectos secundarios y a predecir la toxicidad de los compuestos (Baum *et al.*, 2021). En la Figura 1, se presentan las aplicaciones de la inteligencia artificial en la búsqueda de fármacos.

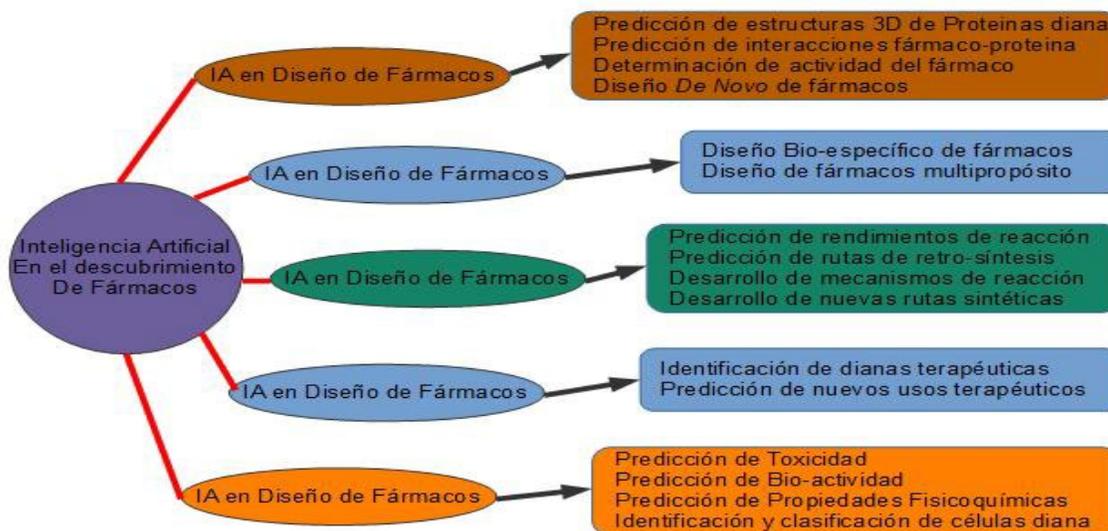


Figura 1. Adaptado de Debleena *et al.* (2021).

## Objetivo

El principal objetivo de este trabajo es usar las herramientas de bio-informática, redes neuronales y de Inteligencia Artificial, para obtener tres derivados de Imatinib con posibles usos en el tratamiento de cáncer, para luego prepararlos en el laboratorio y probar su potencial efecto biológico en líneas celulares cancerosas.

Otro objetivo es mostrar las dificultades y retos en el uso de esta metodología en la predicción de estructuras 3D en proteínas y estructuras químicas. Finalmente, otro objetivo es mostrar las grandes oportunidades y usos que ofrece la Inteligencia Artificial en el descubrimiento de nuevos fármacos y el uso de los ya descubiertos para otros usos terapéuticos y otras enfermedades. En la Tabla 1 se presentan las herramientas usadas en el descubrimiento de fármacos.

**Tabla 1. Ejemplos de herramientas de IA que se usan en el descubrimiento de fármacos.**

Herramientas	Detalles	Website URL
DeepChem	Modelo MLP que usa un sistema de AI basado en Python para encontrar un candidato adecuado en la búsqueda de fármacos	<a href="https://github.com/deepchem/deepchem">https://github.com/deepchem/deepchem</a>
DeepTox	Software que predice la toxicidad de un total de 12000 fármacos	<a href="http://www.bioinf.jku.at/research/DeepTox/">http://www.bioinf.jku.at/research/DeepTox/</a>
DeepNeuralNetQSAR	Sistema basado en Python impulsado por herramientas computacionales que ayudan a la detección de la actividad molecular de compuestos	<a href="https://github.com/Merck/DeepNeuralNet-QSAR">https://github.com/Merck/DeepNeuralNet-QSAR</a>
ORGANIC	Una herramienta de generación molecular que ayuda a crear moléculas con las propiedades deseadas	<a href="https://github.com/aspuru-guzik-group/ORGANIC">https://github.com/aspuru-guzik-group/ORGANIC</a>
PotentialNet	Utiliza NN para predecir la afinidad de unión de ligandos	<a href="https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acscentsci.8b00507">https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acscentsci.8b00507</a>
Hit Dexter	Técnica de ML para predecir moléculas que podrían responder a ensayos bioquímicos	<a href="http://hitdexter2.zbh.uni-hamburg.de">http://hitdexter2.zbh.uni-hamburg.de</a>
DeltaVina	Una función de puntuación para restablecer la afinidad de unión entre fármaco y ligando	<a href="https://github.com/chengwang88/deltavina">https://github.com/chengwang88/deltavina</a>
Neural graph fingerprint	Ayuda a predecir propiedades de nuevas moléculas	<a href="https://github.com/HIPS/neural-fingerprint">https://github.com/HIPS/neural-fingerprint</a>
AlphaFold	Predice estructuras 3D de proteínas	<a href="https://deepmind.com/blog/alphafold">https://deepmind.com/blog/alphafold</a>
Chemputer	Ayuda a informar el procedimiento de síntesis química en formato estandarizado	<a href="https://zenodo.org/record/1481731">https://zenodo.org/record/1481731</a>

Adaptado de Debleena *et al.* (2021).

## Materiales y métodos

Para la selección de la proteína de referencia se utilizó la base de datos Protein Data Bank (PDB), considerando proteínas del tipo Tirosina Cinasa expresada en *Homo sapiens*. Los criterios de selección fueron la resolución  $\leq 2.5$  Å y que el método fuera Resonancia Magnética Nuclear (RMN) o Difracción de Rayos-X. La proteína seleccionada fue la 3GVU que pertenece al gen ABL, ABL2.

Esta estructura se cargó a la plataforma CavityPlus 2 (LINK). En la cual se corrió análisis para detección de cavidades potenciales para interacción con fármacos, las cavidades

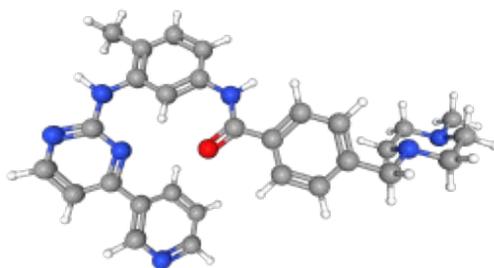
con alta probabilidad de interacción con un fármaco se analizaron con el submódulo CavPharmer, el cual trabaja bajo un modelado de grupos farmacóforos basados en el receptor (proteína).

Se hizo una propuesta de 11 modificaciones al Imatinib, las estructuras planas se generaron a través del programa ChemSketch, obteniendo su código SMILES. El código SMILES fue utilizado en la plataforma Molinspiration en la cual se solicitó predicción de propiedades fisicoquímicas y actividad biológica. El SMILES también se utilizó para el análisis en el programa Osiris, en el cual se obtuvieron tanto descriptores como toxicología. Con base en esa información se seleccionaron las moléculas con un coeficiente de inhibición de Tirosina-cinasa mayor al que presenta IMATINIB.

Para la optimización de las moléculas de Imatinib y de las moléculas líderes, se empleó el paquete de software Gaussian 16, que está en la Supercomputadora Miztli de la UNAM, previamente se usó el programa Spartan y Gaussview para encontrar el confórmero de menor energía.

## Resultados

En la Figura 2, se presenta la estructura no optimizada del imatinib



**Figura 2. Estructura Imatinib en Pubchem.**

En la Figura 3, se presenta la conformación en 3D, de la proteína 3GVU, en la que se hizo el Docking con cada uno de los ligandos líderes. Mientras que en la Figura 4, se presentan las Cavidades de la proteína 3GVU identificadas por CavityPlus2



Figura 3. Proteína 3GVU en PDB.

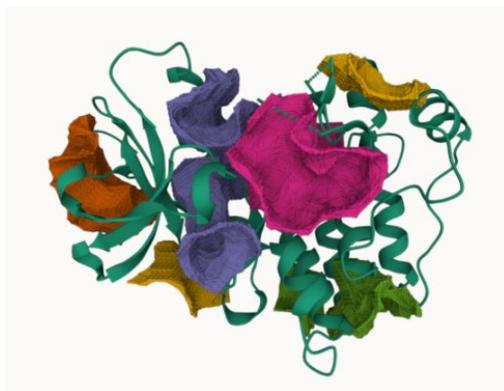


Figura 4. Cavidades de la proteína 3GVU identificadas por CavityPlus2.

En la Tabla 2, se presentan los descriptores de las cavidades en la proteína 3GVU.

Tabla 2. Descriptores de las cavidades identificadas por CavityPlus.

#	Estimado Máximo pKd	Promedio Estimado pKd	Puntaje del Fármaco	Facilidad para convertirse en Fármaco
1	10.54	6.94	268	Medio
2	11.76	6.82	1863	Fuerte
3	11.62	6.6	-303	Débil
4	11.03	6.4	4	Medio
5	9.44	5.85	-749	Débil
6	9.24	5.79	992	Fuerte
7	8.63	5.58	-567	Débil

En las Figuras 5, 6 y 7 se presentan las estructuras optimizadas de las moléculas 2, 6 y 11, respectivamente, que arrojaron las mejores características farmacológicas, para ser usados como potenciales fármacos contra el cáncer, faltando sólo hacer pruebas en diferentes líneas celulares cancerosas.

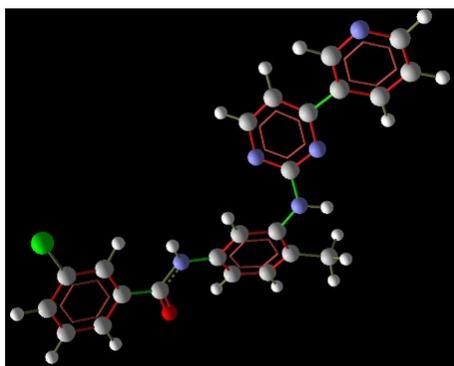


Figura 5. Estructura optimizada de “Molécula 2”.

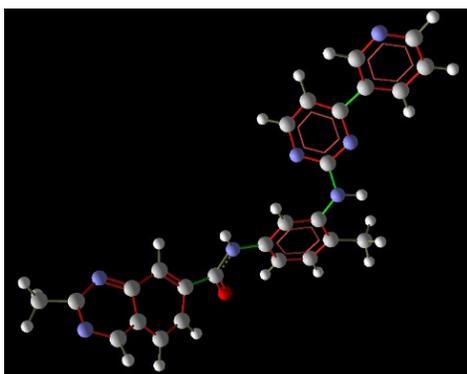


Figura 6. Estructura optimizada de “Molécula 6”.

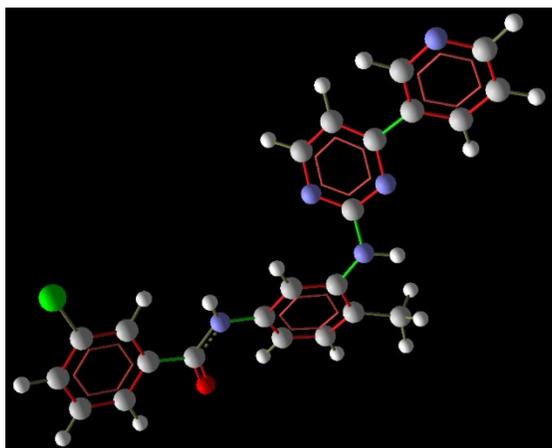


Figura 7. Estructura optimizada de “Molécula 11”.

## Discusión

Una vez que se obtuvieron los valores de los diferentes descriptores, se encontró que la molécula 2 presentaba mejores características que la molécula 6 y esta, era mejor que la molécula 11, pero se tienen que validar estos resultados con las pruebas *in vitro*, a realizarse en líneas celulares cancerosas, ya que puede ser que cada molécula presente una acción terapéutica mejor en diferentes líneas celulares.

## Conclusión

De los resultados obtenidos, se puede concluir lo siguiente: 1) que el uso de la Inteligencia Artificial y de redes neuronales es muy útil en el descubrimiento de nuevos fármacos, ya que se ahorra tiempo, recursos económicos y esfuerzo. 2) que una vez que se encuentra un ligando líder *in silico*, se puede iniciar el trabajo de síntesis de dicho compuesto y así acelerar el trabajo de investigación en líneas celulares y en las pruebas clínicas. 3) que a pesar de las ventajas que presenta esta metodología, aún se presentan dificultades en la obtención de parámetros que aseguren el éxito de la investigación y de óptimos resultados. El trabajo subsecuente es la obtención en el laboratorio de las moléculas 2, 6 y 11, para hacer pruebas clínicas.

## Referencias

Baum, Z. J., Yu, X., Ayala, P. Y., Zhao, Y., Watkins, S. P., & Zhou., Q. (2021). Artificial Intelligence in Chemistry: Current Trends and future directions. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 3197-3212.

Bruton, J. L. (2007). Goodman & Gilman: Las bases farmacológicas de la terapéutica (11 ed.). (J. O.-T. José Rafael Blengio Pinto, Trans.) Colombia: McGRAW-HILL.

Camargo, D. S. M. (2008, octubre-diciembre). Tratamiento con Imatinib y farmacogenotipo CYP3A4 en relación con la expansión clonal Ph(+) en leucemia mieloide crónica (LMC). *Colombia Médica*, 39(4), 314-322.

Carretero, M. (2003, enero). Imatinib. *Actualidad Científica: Medicamentos de vanguardia*, 22(1), 138-140.

Catalina, M. V. T. (2010, enero-junio). Leucemia mieloide crónica: diagnóstico y tratamiento. *CES Médica*, 24(1), 97-108.

D. Van Der Spoel, E. L. (2005). GROMACS: fast, flexible and free. *Journal of Computational Chemistry*, 26, 1701-1718.

Debleena, P., Gaurav, S., Snehal, S., Dnyaneshwar, K., Kiran, K., & Rakesh. K. T. 2021. Artificial intelligence in drug discovery and development, *Drug Discovery Today*, 26(1), 80-93.

Saldívar, G. F. D. (2016). Descubrimiento y desarrollo de fármacos: un enfoque computacional. *Educación Química*, 28, 51-58.

Hall, J. E. (2016). Guyton y Hall: Tratado de fisiología médica. Elsevier.

Maia, E. h., Assis, C. L., Oliveira, T. A., Silva, A. M., & Taranto, A. G. (2020). Structure-Based virtual Screening: From classical to Artificial Intelligence. *Frontiers in Chemistry*.

Murray, R. (2013). HARPER: Bioquímica. España: McGRAW-HILL.

## AISLAMIENTO DE BACTERIAS RESISTENTES A METALES PESADOS DE LECHOS DE MINAS

César Díaz-Pérez<sup>1\*</sup>, Patricia Castro-Moreno<sup>2</sup>, Blanca Estela Gómez-Luna<sup>1</sup>, Juan Carlos Ramírez-Granados<sup>1</sup>, Mauricio Nahuam Chávez-Avilés<sup>3</sup> y Lenin Sánchez-Calderón<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Ingeniería Agroindustrial, División de Ciencias de la Salud e Ingenierías, Campus Celaya-Salvatierra, Sede Salvatierra, Universidad de Guanajuato.*

<sup>2</sup>*Unidad de Biomedicina, División de Investigación y Posgrado, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM.*

<sup>3</sup>*Laboratorio de Bioquímica y Biología Molecular, División de Ingeniería Bioquímica, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Hidalgo.*

<sup>4</sup>*Doctorado en Ciencias Básicas, Campus II UAZ, Universidad Autónoma de Zacatecas.*

\*[cesar.diaz@ugto.mx](mailto:cesar.diaz@ugto.mx)

### Resumen

Los metales pesados son un problema de contaminación ambiental debido a su uso en diversas actividades económicas. En Zacatecas la actividad minera desde la colonia ha provocado que se generen sitios contaminados con metales pesados (MPs). La presa del Bote es el lugar donde se vertían las aguas de desecho de las minas más antiguas, debido a esto se han encontrado altas concentraciones de MPs como el arsénico. El objetivo de este trabajo fue aislar y caracterizar aislados bacterianos que sean capaces de resistir altas concentraciones de MPs. En la presa del bote, se realizó un muestreo aleatorizado dividiéndola en tres zonas. Se tomaron cinco muestras de cada, se aislaron las bacterias en medios LB y nutritivo, y se seleccionaron los aislados que tuvieran distintas morfologías para su estudio. Los aislados se confrontaron con Arsénico (como arsenito, AsV y arseniato, AsIII), Mercurio (HgII), Cromo (CrVI), Cadmio (CdII), Cobre (CuII), Zinc (ZnII) y Cobalto (CoII). Se obtuvieron 81 aislados resistentes a MPs, de los cuales 32 son multirresistentes. De los aislados multirresistentes la cepa S1-05-2 presentó la mayor resistencia a As, por lo que se caracterizó su resistencia en medio

líquido, confirmando que este aislado resiste altas concentraciones de estos MPs. Más aún, los resultados sugieren que en esta cepa el As puede servir como un inductor del crecimiento. Los resultados obtenidos sugieren que los aislados pueden ser valorados para desarrollar herramientas biotecnológicas para biorremediar suelos contaminados con MPs.

**Palabras clave:** Aislados bacterianos, resistencia, metales pesados

### Introducción

Los metales pesados (MPs) se definen como los metales con densidad mayor a  $5 \text{ g/cm}^3$ , entre los cuales se pueden nombrar al arsénico, plomo, cobalto, mercurio, cromo, cadmio, níquel, selenio y zinc (Lugun *et al.*, 2022). Los MPs son tóxicos a la mayoría de los organismos (Alvarez *et al.*, 2021), sin embargo, algunos organismos tales como plantas, algas, bacterias y hongos han desarrollado diversos mecanismos de resistencia a los MPs, por ejemplo, sistemas de expulsión que transportan a los MPs fuera de las células (Wang & Chen, 2009). Estos organismos y sus mecanismos asociados con la resistencia a los MPs, se han utilizado para el desarrollo de procesos eficientes para la biorremediación de sitios o materiales contaminados.

Actualmente, los MPs son un problema de salud pública ya que estos se pueden encontrar en el suelo urbano en concentraciones superiores a las permitidas por las normas mexicanas (Covarrubias & Cabriales, 2017), por lo que es necesario encontrar alternativas de biorremediación para su manejo. Los sitios contaminados con MPs son lugares excelentes para aislar microorganismos resistentes a estos que puedan ser utilizados en biotecnología (Nanda *et al.*, 2019). El estado de Zacatecas, en la región centro-norte de México, cuenta con una rica tradición minera desde la época colonial, por lo que se ha caracterizado un gran número de pasivos ambientales contaminados con MPs, de los cuales se han aislado microorganismos resistentes con posibles aplicaciones biotecnológicas (Pérea *et al.*, 2017; Escamilla *et al.*, 2021).

## Objetivo

Aplicar un enfoque basado en técnicas de microbiología que permita aislar microorganismos resistentes a MPs con la posibilidad de ser usados en biorremediación.

## Materiales y métodos

### *Muestreo y toma de metadatos*

La toma de muestras se realizó a 20 km de la capital de Zacatecas, Zacatecas. El sitio se dividió en cinco zonas limitadas por su orografía y tipo de vegetación. Cada zona se dividió en transectos, de donde tomaron cinco muestras de un litro de suelo. Se recabaron la altura del sitio y temperatura ambiente. Cada muestra de suelo se diluyó en agua destilada (1:10), y el pH se midió en el laboratorio con un potenciómetro.

### *Aislamiento y caracterización morfológica*

Se hicieron diluciones seriadas de las muestras de suelo que se obtuvieron en el paso anterior. Estas fueron sembradas en agar LB y nutritivo (CN), y se crecieron por 72 h a 25°C. Los aislados se clasificaron mediante tinción de Gram y sus características macro y microscópica.

### *Determinación de la concentración mínima inhibitoria (MIC).*

Se prepararon cajas de agar nutritivo adicionado con concentraciones crecientes de cada uno de los metales: AsV ( $\text{Na}_2\text{HAsO}_4$ ; 10-150 nM) AsIII ( $\text{NaAsO}_2$ ; 1-7 mM), Cromo ( $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ; 0.1-1 mM), Cadmio ( $\text{CdCl}_2$ ; 0.1-1 mM), Mercurio ( $\text{HgCl}_2$ ; 0.1-0.5 mM), Cobre ( $\text{CuCl}_2$ ; 1-10 mM), Zinc ( $\text{ZnCl}_2$ ; 1-5 mM) y Cobalto ( $\text{CoCl}_2$ ; 0.1-1 mM). Se inocularon tubos de CN y se crecieron por 18 h en agitación a 25° C. En cada una de las cajas con distinta concentración del MP se inocularon 2  $\mu\text{L}$  (100 UFC) de inóculo y se incubaron por 120 h a 25°C. Se hicieron observaciones cada 24 h.

### *Curvas de susceptibilidad.*

Se inocularon tubos de caldo nutritivo adicionado con concentraciones crecientes de cada uno de los metales: AsV (0-4000  $\mu\text{M}$ ) AsIII (0-800  $\mu\text{M}$ ), CrVI (0-100  $\mu\text{M}$ ), CdII (0-5  $\mu\text{M}$ ), HgII (0-5  $\mu\text{M}$ ), CoII (0-100  $\mu\text{M}$ ), CuII (0-500 mM) y ZnII (0-50  $\mu\text{M}$ ) y se incubaron en agitación a 25 °C durante 18 h. Se midió la absorbancia a 590 nm. Los datos fueron graficados en el programa GraphPad Prism 5.

## Resultados

### *Muestreo y caracterización del sitio*

Las muestras del suelo fueron colectadas en la comunidad de Francisco I. Madero, ubicada en el municipio de Zacatecas, Zac. El sitio, contaminado con desechos de la actividad minera, está a una altitud de 2250 msnm. Presenta un clima templado subtropical árido con una temperatura promedio de 19 °C. La precipitación anual va de los 200 a los 300 mm. El suelo es pobre en nutrientes con poca retención de humedad. Las muestras fueron tomadas en el mes de junio, en época de lluvias. Se colectó en cinco zonas dentro del sitio, el pH del suelo fue de 4.

### *Caracterización de los aislados*

Se procedió a aislar los microorganismos de las muestras mediante la técnica de diluciones seriadas. Se observó que en las cajas de las diluciones de  $10^{-3}$  a  $10^{-5}$  crecieron colonias aisladas, las cuales se inocularon en agar nutritivo. Se recabaron las características de las colonias aisladas y se determinó su morfología colonial. En total se obtuvieron 81 aislados con morfología colonial diferencial. Una vez obtenidos los aislados, se les efectuó la tinción Gram y se observaron al microscopio para describir su morfología. Se observaron principalmente bacilos y cocobacilos. También se observaron cepas en donde la morfología y el tamaño de las células, asemejan levaduras, además se encontraron nueve aislados que por su morfología fue difícil clasificarlas.

### *Confrontación de los aislados a MPs*

Con el fin de caracterizar la resistencia de los aislados a los MPs, estos se confrontaron con siete MPs distintos: AsV y AsIII, CrVI, CdII, HgII, CuII, ZnII y CoII (Figura 1). Se observó que hubo crecimiento de todas las cepas en al menos un MP, 68 fueron resistentes a dos MPs y 32 fueron resistentes a más de tres MPs.

Una vez que se probó la resistencia de aislados a los MPs, se procedió a determinar la MIC de seis aislados de la colección que eran multirresistentes (Tabla 1). De estos se observó que el aislado S1-05-2 tenía la mayor resistencia a AsV (120 mM), por lo que se decidió caracterizarlo con mayor detalle. Dado que es de nuestro interés a futuro implementar soluciones de biorremediación a As, se procedió a caracterizar la resistencia del aislado S1-05-2.

#### *Caracterización de la resistencia a MPs del aislado S1-05-2*

Para este fin se efectuaron curvas de susceptibilidad en medio líquido. Se comprobó que el aislado es resistente a AsV, AsIII, CrVI, CdII, HgII, CoII, CuII y ZnII. Se observó que el aislado S1-05-2 tenía un mejor crecimiento en bajas concentraciones de arseniato que en el medio sin MP (Figura 2). La concentración inhibitoria de crecimiento para AsV fue de 3000  $\mu$ M, para CdII fue de 5  $\mu$ M, para HgII fue de 4  $\mu$ M y para CoII fue de 60  $\mu$ M. También se observó que este aislado crece en concentraciones superiores a 800  $\mu$ M de AsIII, 100  $\mu$ M de CrVI, 500  $\mu$ M de CuII y 50  $\mu$ M de ZnII.

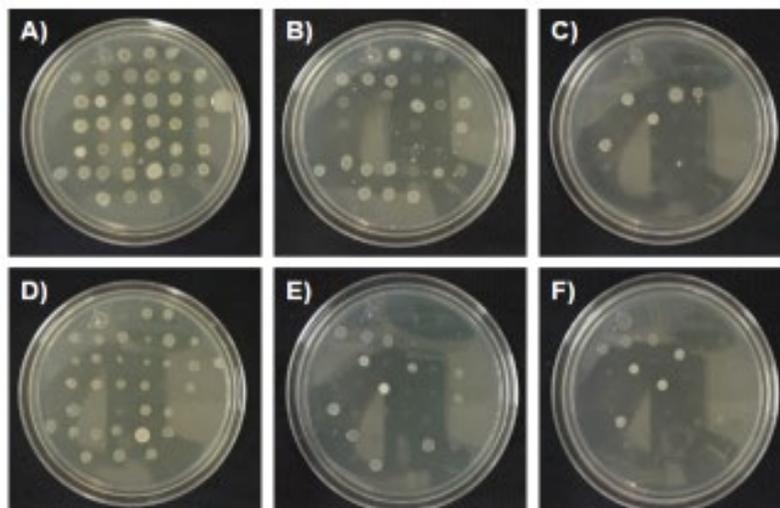


Figura 1. Crecimiento de las cepas aisladas en presencia de metales pesados. A) Control sin MPs, B) AsV 40 mM, C) Coll 0.5mM, D) CrVI 0.1mM, E) Cull 2.0mM, F) ZnII 0.5mM.

Tabla 1. Concentración mínima inhibitoria de los ocho metales probados contra los aislados.

Aislado	Concentración mínima inhibitoria (mM)							
	AsV	AsIII	CrVI	CdII	HgII	Coll	Cull	ZnII
S1-02-1	100	5	0.5	0.2	0.1	0.5	3	2
S1-02-2	100	5	0.4	0.2	0.2	0.5	3	2
S1-04-2	40*	3*	0.5	0.5	0.1*	0.5	1	1
S1-05-2	120	5*	0.5	ND	0.1*	0.5	1	1
S1-07	100	5	ND	ND	0.2	0.5	2	1
S1-08	100	5	ND	0.2	0.1	0.5	2	1

ND= no determinado

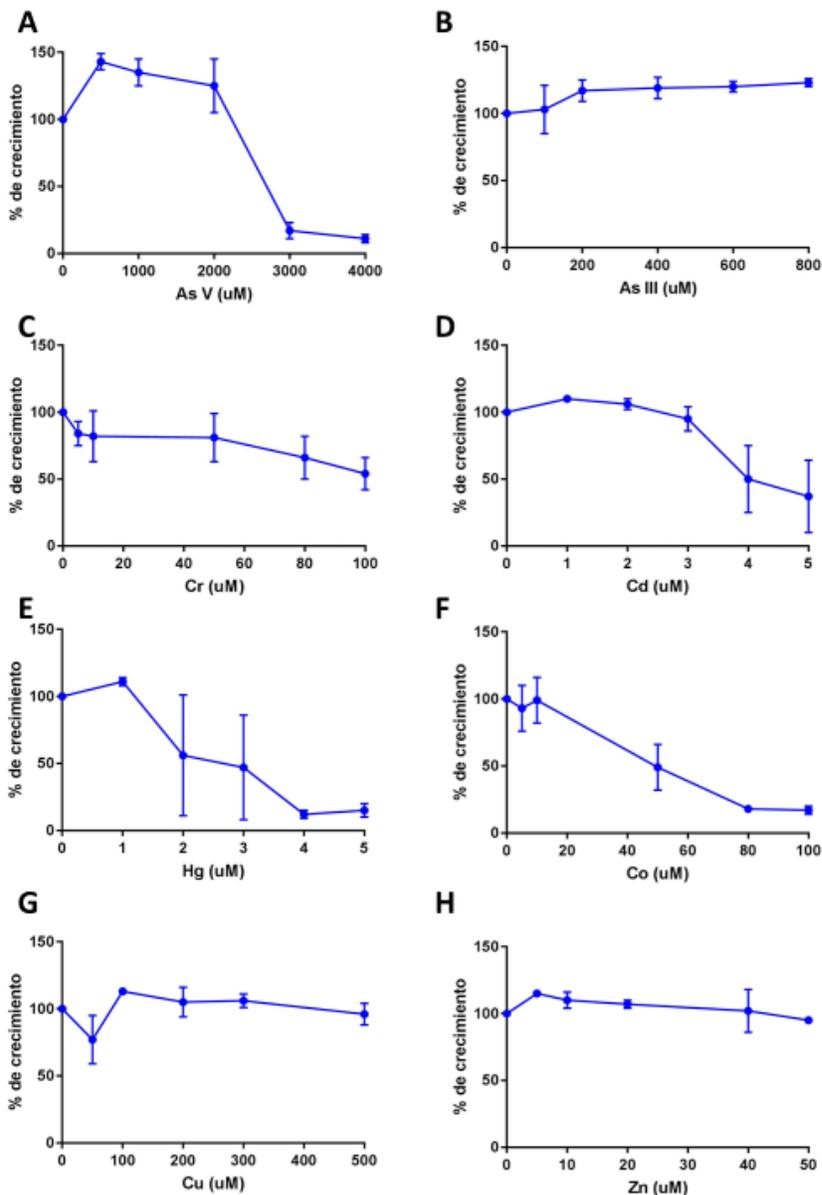


Figura 2. Curvas de susceptibilidad en medio líquido del aislado S1-05-2. A) AsV, B) AsIII, C) CrVI, D) CdII, E) HgII, F) CoII, G) CuI, H) ZnII. Los cultivos se crecieron durante 18 h a 30°C con agitación constante, utilizando las concentraciones de MPs que se muestran. Se determinó el crecimiento bacteriano por densitometría a 600nm después de 18 h de crecimiento. Se graficó una  $n=3 \pm EE$ .

## Discusión

En el estado de Zacatecas existen un gran número de ecosistemas alterados por la acción de la industria minera. En los sitios contaminados es posible aislar microorganismos que son resistentes que pueden ser usados como herramientas biotecnológicas (Covarrubias & Cabriales, 2017; Pérea *et al.*, 2017; Escamilla *et al.*, 2021). La presa del bote, en el estado de Zacatecas, es uno de los jales mineros contaminados con MPs como As y Hg debido al mal manejo de estos. En este trabajo se lograron aislar 81 aislados de dicho sitio con características bacterianas que fueron resistentes a al menos un MP. Se han encontrado bacterias que son multirresistentes a varios metales pesados (Heck *et al.*, 2015), por lo que se decidió hacer pruebas de resistencia a siete MP (As, Cr, Cd, Hg, Co, Cu y Zn), encontrando que 32 de los 81 aislados fueron resistentes a más de tres MPs (Figura 1). El que se obtuvieron aislados multirresistentes nos sugiere que estos aislados pueden tener más de un mecanismo de resistencia (Zagui *et al.*, 2021). El encontrar diversos aislados multirresistentes nos sugiere que la presa del bote está contaminada con más MPs de los que se ha reportado anteriormente.

El sitio de colecta está contaminado con As, por lo que no es extraño ver que estos aislados resisten altas concentraciones de AsV (40-120 mM) y AsIII (3-5 mM). El aislado S1-05-2 fue el más resistente con una MIC de 120 mM y 5 mM, respectivamente. Este aislado además tiene una MIC de 1 mM para CuII y ZnII, de 0.5 mM para CrVI y CoII, y de 0.1 mM para HgII. Se hicieron curvas de susceptibilidad con este aislado en medio líquido, en estas condiciones los MPs están en mayor contacto con el aislado, por lo que es de esperar que este tenga un menor crecimiento que en medio sólido (Figura 2). Se observó que el S1-05-2 resiste una concentración de 2 mM de AsV, de manera similar a la que se encontró que resiste una cepa de *Vibrio fischeri* aislada de ambientes marinos (Fulladosa *et al.*, 2005). En cuanto a AsIII, este aislado presentó un comportamiento similar a la cepa resistente a As *Anaeromyxobacter dehalogenans* al tolerar una concentración de 800  $\mu$ M de este MP (Kudo *et al.*, 2013). Además del As, el aislado S1-05-2 es resistente a 100  $\mu$  de CrVI, 3  $\mu$ M de Cd, 1  $\mu$ M de HgII, 15  $\mu$ M de CoII, 500  $\mu$ M de

Cull y 50  $\mu\text{M}$  de  $\text{ZnII}$ , por lo que podemos concluir que este aislado es multirresistente a siete MPs.

Es de resaltar que el aislado S1-05-2 tiene un comportamiento no esperado al ser confrontado en concentraciones bajas de AsV, ya que se observó un incremento significativo de la DO, lo que sugiere que el AsV actúa como un inductor del crecimiento. Aunque ha habido controversias sobre si los microorganismos son capaces de usar el As en lugar de P para su crecimiento (Sengupta & Chattopadhyay, 2011), es poco factible que esto ocurra en este aislado, y que este comportamiento se deba a una inducción inespecífica de los canales de entrada de fosfato.

## Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos, podemos concluir que, en la presa del bote en el estado de Zacatecas, un sitio contaminado con MPs, es posible obtener aislados con características de bacterias multirresistentes a varios MPs. Además, el aislado S1-05-2 tiene resistencia similar a organismos altamente resistentes, lo que puede ser explotado para proponer estrategias de biorremediación en suelos contaminados con As.

## Referencias

- Alvarez, C. C., Gómez, M. E. B., & Zavala, A. H. (2021). Hexavalent chromium: Regulation and health effects. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 65, 126729.
- Covarrubias, S. A., & Cabriaes, J. J. P. (2017). Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 33, 7-21.
- Escamilla, R. A., Carlos, H. S., & Díaz, J. L. (2021). Evidence of resistance of heavy metals from bacteria isolated from natural waters of a mining area in Mexico. *Water*, 13(19), 2766.
- Fulladosa, E., Murat, J., & Villaescusa, I. (2005). Effect of cadmium (II), chromium (VI), and arsenic (V) on long-term viability-and growth-inhibition assays using *Vibrio fischeri* marine bacteria. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 49(3), 299-306.

Heck, K., De Marco, É. G., Duarte, M. W., Salamoni, S. P., & Van Der Sand, S. (2015). Pattern of multiresistant to antimicrobials and heavy metal tolerance in bacteria isolated from sewage sludge samples from a composting process at a recycling plant in southern Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187, 1-11.

Kudo, K., Yamaguchi, N., Makino, T., Ohtsuka, T., Kimura, K., Dong, D. T., & Amachi, S. (2013). Release of arsenic from soil by a novel dissimilatory arsenate-reducing bacterium, *Anaeromyxobacter* sp. strain PSR-1. *Applied and environmental microbiology*, 79(15), 4635-4642.

Lugun, O., Singh, R., Jha, S., & Pandey, A. K. (2022). Impact of heavy metals on different ecosystems. In *Environmental Toxicology and Ecosystem* (pp. 139-164). CRC Press.

Nanda, M., Kumar, V., & Sharma, D. (2019). Multimetal tolerance mechanisms in bacteria: The resistance strategies acquired by bacteria that can be exploited to 'clean-up' heavy metal contaminants from water. *Aquatic toxicology*, 212, 1-10.

Pérea, Á. D., Sánchez, C. L., & Balderas, H. V. E. (2017). Aislamiento y caracterización de microorganismos con características de promoción en la absorción de metales pesados en el estado de Zacatecas. *Biotecnología y Sustentabilidad*, 2(1).

Sengupta, D., & Chattopadhyay, M. K. (2011). Controversy over the report on a bacterium that feeds on arsenic. *Journal of biosciences*, 36, 555-557.

Wang, J., & Chen, C. (2009). Biosorbents for heavy metals removal and their future. *Biotechnology advances*, 27(2), 195-226.

Zagui, G. S., Moreira, N. C., Santos, D. V., Darini, A. L. C., Domingo, J. L., Segura-Muñoz, S. I., & Andrade, L. N. (2021). High occurrence of heavy metal tolerance genes in bacteria isolated from wastewater: A new concern? *Environmental Research*, 196, 110352.

## EFFECTO DE LIPOSOMAS CARGADOS CON GSH SOBRE LA ACTIVIDAD DE ENZIMAS ANTIOXIDANTES

Rafael Alejandro Rodríguez-Salazar\*, Laura Denise López-Barrera, Patricia Ramírez-

Noguera y Roberto Díaz-Torres

UNAM FES Cuautitlán

\*raphalexrs@gmail.com

### Resumen

Existen diferentes tratamientos para la Osteoartritis, sin embargo, están enfocados en contrarrestar los signos y síntomas de la enfermedad, por ello el objetivo de este trabajo fue generar liposomas con glutatión para evaluar el efecto sobre la actividad de enzimas antioxidantes en condrocitos de rata tratados previamente con peróxido de hidrógeno, enfocándose en el efecto del estrés oxidante. Se realizó un cultivo primario a partir de condrocitos de rata extraídos del xifoides, posteriormente se prepararon los liposomas y se les realizó caracterización, finalmente se llevó a cabo la medición de la actividad de las enzimas glutatión peroxidasa (GPx) y reductasa (GRx).; Los resultados se analizaron mediante una ANOVA de una vía, seguido de un análisis de comparación múltiple de medias de Fisher con un  $p < 0.05$ . En cuanto a la caracterización los liposomas de GSH tuvieron un tamaño de 493.4 nm, un potencial Z de -7.79 mV y un % de GSH de 99.2%. Los liposomas sin GSH tuvieron un tamaño de 182.4 nm y un potencial Z de -15.0 mV, lo que sugiere que pueden entrar a las células por sus propiedades fisicoquímicas. Los resultados de la exposición de liposomas con glutatión en la actividad de GRx mostró niveles similares al de las células no tratadas en la exposición combinada con Peróxido, y el mismo efecto se mostró en GPx. Sin embargo, tanto en GRx como GPx se observa una actividad elevada significativa en un tratamiento de liposomas sin GSH seguido por una exposición a Peróxido, lo cual evidencia que la exposición de los liposomas tiene una mejor respuesta si se realiza antes. Estos resultados son preliminares, por lo cual debe realizarse la medición de otros biomarcadores para corroborar el efecto generado.

**Palabras clave:** Condrocitos, Glutación, reductasa, peroxidasa, osteoartritis,  $H_2O_2$ .

## Introducción

La osteoartritis (OA) es la enfermedad reumática a nivel mundial más frecuente en la población adulta y mayor de 65 años, provocando discapacidad y morbilidad. Caracterizada principalmente por daño a nivel del cartílago, incremento en las especies reactivas de oxígeno, nitrógeno, así como inflamación. El desequilibrio en las especies reactivas de oxígeno (EROs) y la capacidad antioxidante de las células, se le denomina estrés oxidante. La mitocondria es la fuente principal de EROs y estas mismas pueden inducir una desregulación mitocondrial al aumentar la permeabilidad de la membrana, lo que aumenta aún más la producción de EROs. Bajo estas condiciones se activa el mecanismo de defensa para eliminar el exceso de estas moléculas en la célula. El sistema de defensa antioxidante celular incluye enzimas, como glutación peroxidasa (GPx), glutación reductasa (GRx), entre otras.

En estas enfermedades, el glutación GSH se ve reducido con el envejecimiento en múltiples células y de igual forma los pares redox que proporcionan los equivalentes reductores necesarios, como lo es  $NAD^+/NADH$  y  $NADP^+/NADPH$ . Por lo tanto, la resiliencia deteriorada del glutación puede contribuir al estrés oxidante biomecánico e inflamatorio en los condrocitos (Zhu, 2019).

Los liposomas de GSH debido a su capacidad antioxidante podrían ser utilizados en este tipo de enfermedades que están asociadas al desequilibrio redox. Tienen varias ventajas como aumentar la absorción celular de los fármacos, estabilizar los productos fisicoquímicos y la biodisponibilidad de los respectivos fármacos solubles en agua o poco solubles en agua. La repulsión electrostática, repulsión estérica y una fuerte hidratación podrían afectar la estabilidad liposomal (Rezaei, 2019; Lin, 2019). Por ello, los nanosistemas representan un tratamiento innovador para contrarrestar los signos y síntomas de estas enfermedades.

Evaluar el efecto antioxidante de liposomas cargados con glutatión (GSH) a través de la medición de enzimas antioxidantes glutatión reductasa y peroxidasa, en condrocitos de rata.

## **Materiales y métodos**

### *Preparación de Liposomas*

Se empleó el método de Bangham para la preparación de liposomas tanto vacíos y cargados con GSH. Consiste en dos etapas, primero se prepara una película lipídica empleando Fosfatidilcolina, el cual se preparó al 0.003% de etanol, enseguida se agregó una mezcla 10:10 de cloroformo/metanol, se vació la mezcla en el matraz de evaporación y se colocó en rotavapor a 40°C, 50 rpm durante 1 h. Posteriormente, se hidrata la película, para ello se preparó una solución de sacarosa al 10%, y en el caso de los liposomas cargados se disuelve en esta solución 0.5% de glutatión, finalmente se agrega la solución al matraz de evaporación con la película lipídica a 40 °C, 50 rpm, por 1 h. Concluida la hora se dejó reposar en baño maría a 40 °C por 2 h. Y pasado el tiempo se sonicaron los liposomas en ultrasonido Elma por 3 minutos a 40 °C.

### *Caracterización del tamaño*

Tamaño de Partícula y Potencial Z: Se colocaron en celdas la muestra de liposomas y por medio de zetasizer se calculó el índice de polidispersión, el tamaño de partícula y su potencial Z, el instrumento ajustó a temperatura ambiente por 1 min y realizó 100 mediciones por 5 corridas para cada muestra.

### *Porcentaje de Encapsulación*

De igual manera, se evaluó el porcentaje de encapsulamiento de los liposomas cargados con GSH, para ello se prepararon 6 tubos eppendorf con 20µL de liposomas y 1980µL de solución sacarosa al 10% en cada tubo respectivamente, luego se centrifugaron los sistemas a 4000 rpm, 2 h a 4 °C. Concluida la centrifugación se tomaron 400µL del

sobrenadante de los sistemas y se colocaron en 6 tubos eppendorf nuevos, se les adicionó 600µL de PBS; Se preparó una curva de calibración para determinar el volumen de la reacción entre el glutatión y el reactivo de Ellman.

#### *Obtención de cartilago articular de rata wistar*

El sacrificio se llevó a cabo, por dislocación cervical en una rata wistar evitando alteraciones bioquímicas, se realizó un corte en el esternón y se extrajo la apófisis xifoide, posteriormente colocando el tejido en un tubo eppendorf con solución PBS/antibiótico 10% se cortó en pequeñas porciones empleando un bisturí en condiciones de esterilidad y una vez triturado se realizaron 6 centrifugaciones con lavados de PBS/antibiótico 1%.

#### *Cultivo Celular Primario*

Concluidos los lavados, se retiró el PBS y se le añadió colagenasa al 0.01% en medio de cultivo y se colocó en incubadora de rotación a 30 rpm, 7 h a 37°C. Después se centrifugó nuevamente a 12,000 rpm, 3 min a 37°C; Se retiró el medio con colagenasa y se resuspendió en 1mL de medio de cultivo.

Se tomó el pellet resuspendido para 2 botellas T25 con medio de cultivo previamente añadido y se dejó proliferar hasta alcanzar 60% de confluencia realizando lavados con PBS estéril.

Una vez alcanzada la confluencia, las células se tripsinizaron y se llevaron a un siguiente pase. Esto se realizó hasta llegar a un pase 2, se realizó un conteo con azul de tripano en cámara de Neubauer, y en cajas de cultivo de 6 pozos se colocaron 10,000 células por pozo y se dejaron proliferar hasta alcanzar un 90% de confluencia.

#### *Actividad de enzima GRx*

Se prepararon en el momento los reactivos para la prueba, siendo el buffer de fosfato de potasio 0.1M, GSSG, NADPH y el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 300 µM, se preparó una solución al 25% de las muestras en agua grado millipore, posteriormente en placas ELISA se colocaron en orden por pozo 40 µL de la dilución de la muestra, 50 µL de buffer de fosfato de potasio, 5 µL

de GSSG y 5  $\mu$ L de NADPH, se dejó equilibrar 3 minutos y se leyó en espectrofotómetro la disminución de lectura a longitud de onda de 340 nm.

### Actividad de enzima GPx

Se prepararon los reactivos el día de la prueba siendo el buffer de fosfato de sodio 0.1M, GSH, Azida de sodio, NADPH, GRx y H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 300  $\mu$ M. En placas ELISA de 96 pozos se colocaron por pozole el siguiente orden 31.5  $\mu$ L de buffer de fosfato de sodio, 5  $\mu$ L de GSH, 0.5  $\mu$ L de azida de sodio, 0.5  $\mu$ L de GRx, 7.5 $\mu$ L de la muestra, 5  $\mu$ L, 5  $\mu$ L de NADPH y 2.5  $\mu$ L de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> enseguida se leyó en espectrofotómetro a una longitud de onda de 340 nm.

## Resultados

### Viabilidad de Liposomas

Se evaluó el tamaño de partícula y potencial Z de la formulación de los liposomas, en la Figura 1 para los liposomas vacíos se obtuvo un índice de polidispersión de 0.209, tamaño de 233.3 d.nm y un potencial Z de -15.0.

	Size (d.nm):	% Intensity:	St Dev (d.nm):
Z-Average (d.nm): 182.4	Peak 1: 233.3	100.0	115.0
Pdl: 0.209	Peak 2: 0.000	0.0	0.000
Intercept: 0.963	Peak 3: 0.000	0.0	0.000
Result quality : Good			

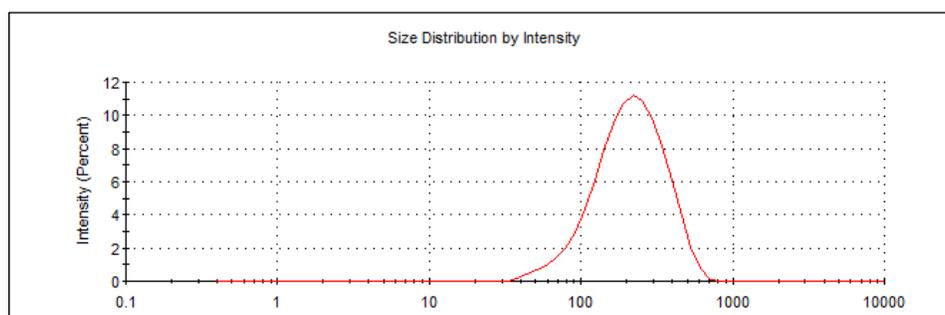


Figura 1. Liposomas sin GSH.

En el caso de los liposomas cargados con GSH, un índice de polidispersión de 0.253, tamaño de 570.5 d.nm, un potencial Z de -8.91 y un porcentaje de encapsulación de 97.9%.

	Size (d.nm):	% Intensity:	St Dev (d.nm):
Z-Average (d.nm): 493.4	Peak 1: 493.4	97.9	148.9
Pdl: 0.253	Peak 2: 5367	2.1	330.1
Intercept: 0.950	Peak 3: 0.000	0.0	0.000
Result quality : Good			

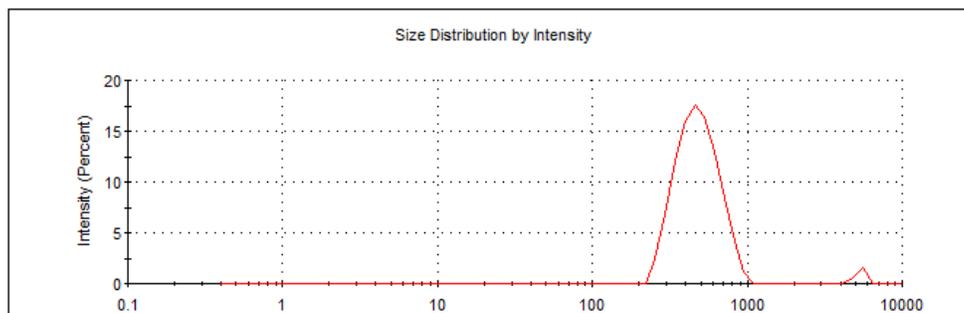
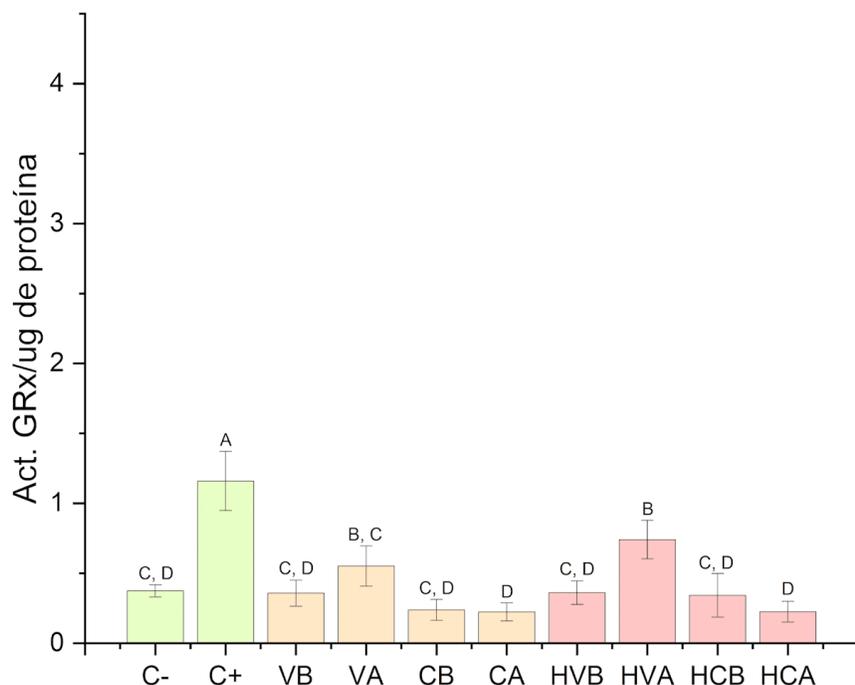


Figura 2. Liposomas GSH.

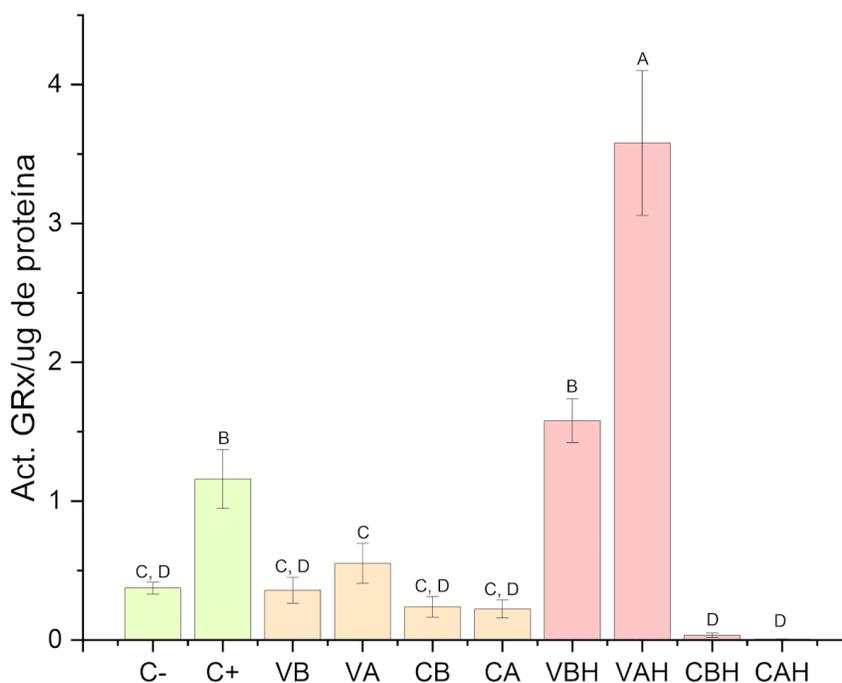
### Actividad de Glutación Reductasa

En la Figura 3, se observa la evaluación de la actividad de la enzima GRx. En los tratamientos únicamente expuestos con liposomas no existió un cambio significativo con respecto a la media de las células no tratadas y para los tratamientos con expuestos con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> primero, seguidos de liposomas, tampoco mostraron un cambio significativo en la actividad, a excepción del tratamiento con liposomas vacíos con concentración alta donde se observa un aumento significativo de la actividad.



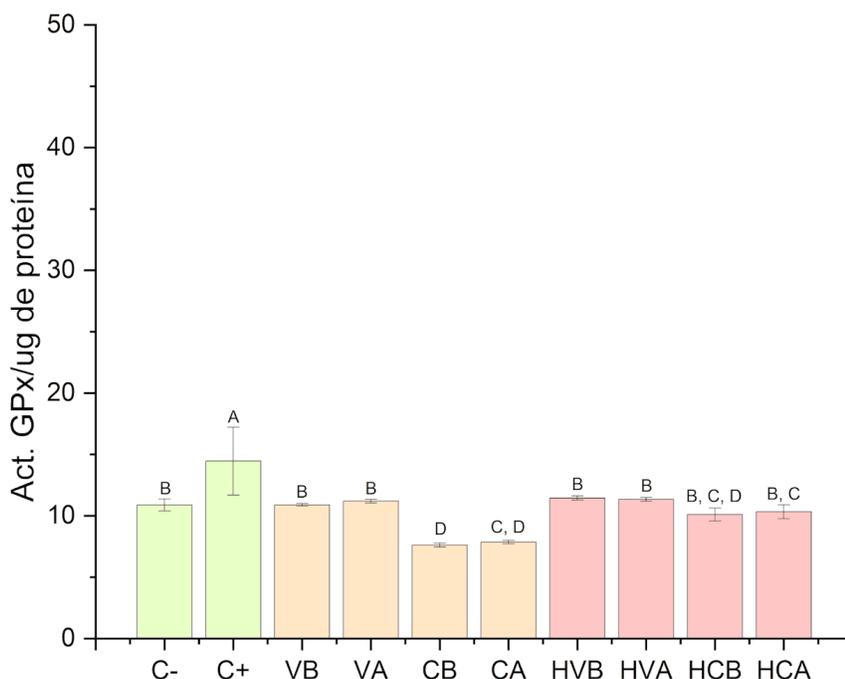
**Figura 3. Actividad de la enzima glutatión reductasa en los diferentes tratamientos cuando se expone primero 30 min a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y posteriormente 2 h a liposomas.**

Cuando se realizó una exposición primero a liposomas y posteriormente a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, la actividad de la GRx aumentó de manera significativa para los tratamientos con liposomas vacíos en ambas concentraciones, mientras que la concentración en liposomas con GSH disminuyó significativamente (Figura 4).



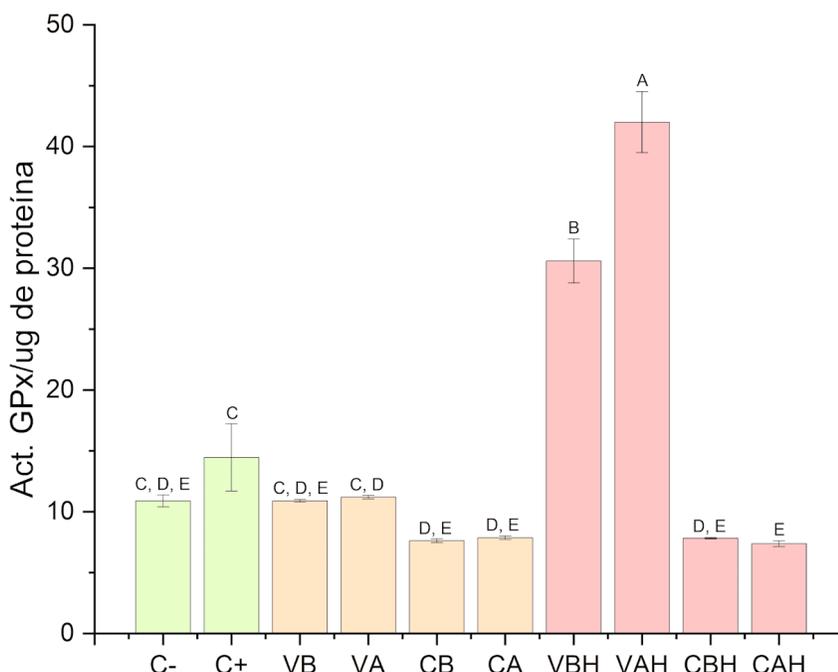
**Figura 4. Actividad de la enzima glutatión reductasa en los diferentes tratamientos cuando se expone primero 2 h a liposomas y posteriormente 30 min a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.**

Mediante una adaptación del método de Paglia y Valentine se evaluó la actividad de GPx. Para los tratamientos puramente con liposomas no existe una alteración en la actividad de la enzima significativa con respecto a la media de las células no tratadas, en los tratamientos expuestos con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> de misma forma no mostraron un cambio significativo en la actividad con respecto a la media de las células no tratadas (Figura 5).



**Figura 5. Actividad de la enzima glutatión peroxidasa en los diferentes tratamientos cuando se expone primero 30 min a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y posteriormente 2 h a liposomas.**

En la Figura 6 se observan los tratamientos a liposomas primero y seguido por exposición a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, los tratamientos con liposomas vacíos muestran una elevación significativa con respecto de nuestras células no tratadas y tratadas únicamente con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, mientras que los tratamientos con liposomas con GSH se mantuvieron sin cambios significativos.



**Figura 6. Actividad de la enzima glutatión peroxidasa en los diferentes tratamientos cuando se expone primero 2 h a liposomas y posteriormente 30 min a H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.**

## Discusión

La formulación de liposomas tanto cargados con GSH como vacíos se basa en el método de Bangham o hidratación de película delgada. El índice de polidispersión nos indica cómo se encuentran distribuidos los tamaños de las partículas presentes en la suspensión, se considera un tamaño homogéneo para un valor menor o igual a 0.2, indicando que para nuestros liposomas se considera que las moléculas se encuentran en un tamaño homogéneo (Suárez, 2019). El tamaño de los liposomas nos dice que son capaces de entrar a la célula por endocitosis. Y por último dado que la mayoría de las membranas celulares están cargadas negativamente, el potencial zeta nos indica que tendrán tendencia a penetrar las membranas (Clogston, 2011).

Glutatión reductasa (GRx) es una Flavoenzima dependiente del nicotinamín adenín dinucleótido fosfato reducido (NADPH) que cataliza la reducción del glutatión oxidado (GSSG) durante el ciclo redox del glutatión. El GSSG se genera por la reacción no enzimática de radicales con glutatión reducido (GSH) y es producto de las reacciones catalizadas por glutatión peroxidasa, que utilizan al GSH como donador de electrones

para la reducción de peróxidos (Dringen, 2002). Por tanto, la alteración de la actividad de la GRx nos permite correlacionar los cambios en los niveles de GSH y los niveles de EROs. Los resultados referentes a esta enzima nos dicen que los liposomas con GSH están proporcionando el GSH necesario en la respuesta al estrés oxidante generado por el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> presente en las células, por ello no se activa el sistema antioxidante de la enzima. La GPx cataliza la reducción de un peróxido orgánico (ROOH), oxidando el glutatión reducido para formar disulfuro de glutatión (GSSG). El GSH luego es reducido por la GRx y el NADPH formado NADP<sup>+</sup> (resultando en una disminución de la absorbancia a 340 nm) y reciclando el GSH. Debido a que la GPx es limitante, la disminución de la absorbancia a 340 nm es directamente proporcional a la actividad GPx en la muestra (Paglia, 1967). Un cambio en la actividad de la GPx nos permite estimar el nivel de estrés oxidante en las células, ya que esta inhibe la peroxidación de lípidos. Los resultados nos muestran que el sistema antioxidante de la GPx no está actuando ya que los liposomas están proporcionando suficiente GSH para descomponer el H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> presente en las células, este comportamiento es semejante al observado por la GRx debido a que van de la mano ambos sistemas.

## Conclusión

De acuerdo con los resultados obtenidos, los liposomas tanto en la actividad de glutatión reductasa como peroxidasa no muestra diferencias significativas en comparación del control negativo cuando se exponen las células primero y después al peróxido de hidrógeno.

Estos resultados sugieren que, si pudiese existir un efecto protector por parte de los liposomas con GSH, sin embargo, se debe realizar la medición de otros biomarcadores para corroborar el efecto.

## Agradecimientos

Al proyecto PAPIIT DGAPA “Estudio de la respuesta antioxidante inducida por nanopartículas de quitosán con glutatión en la osteoartritis, estudio in vitro e in vivo” clave IN214321 por el apoyo otorgado.

## Referencias

- Clogston, D. J., & Patri, K. A. (2011). Zeta potential measurement. *Methods Mol Biol*, 697,63-70. doi: 10.1007/978-1-60327-198-1\_6.
- Dringen, R., & Gutterer, J. M. (2002). Glutathione reductase from bovine brain. *Methods in Enzymology*, 348, 281-288
- Lin, W., Kampf, N., Goldberg, R., Driver, M. J., & Klein, J. (2019). Poly-Phosphocholinated Liposomes Form Stable Superlubrication Vectors. *Langmuir*, 35(18), 6048-6054. doi: 10.1021/acs.langmuir.9b00610.
- Paglia, D., & Valentine, W. (1967). Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *Journal of Laboratory and Clinical Medicine*, 70, 158-169.
- Rezaei, N., Mehrnejad, F., Vaezi, Z., Sedghi, M., Asghari, M. S., & Naderi, M. H. (2019). Encapsulation of an endostatin peptide in liposomes: Stability, release, and cytotoxicity study. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 185, 110552. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2019.110552>
- Suárez, H. M., & Brito, D. C. (2019). Eficiencia de encapsulación y capacidad de carga de antocianinas de *Vaccinium floribundum* Kunt en nanopartículas de zeína. *InfoANALÍTICA*, 8(1), 83-97.
- Zhu, S., Makosa, D., Miller, B., & Griffin, T. M. (2019). Glutathione as a mediator of cartilage oxidative stress resistance and resilience during aging and osteoarthritis. *Connective Tissue Research*, 61(1), 34-47. <https://doi.org/10.1080/03008207.2019.1665035>.

## ESTUDIO DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE DOS NANOSISTEMAS EN CULTIVOS ORGANOTÍPICOS DE CARTÍLAGO DE RATA

Ximena Hernández-Moncada\*, Laura Denise López-Barrera, Patricia Ramírez-Noguera  
y Roberto Díaz-Torres  
UNAM FES Cuautitlán,

[\\*hernandezmoncadaximena@gmail.com](mailto:hernandezmoncadaximena@gmail.com)

### Resumen

La osteoartritis es una enfermedad inflamatoria-degenerativa que afecta el estado redox de los condrocitos. Sin embargo, los avances científicos en la nanociencia han desarrollado nanosistemas que permiten la introducción de moléculas antioxidantes para su aprovechamiento al interior de las células. Por otra parte, el glutatión (GSH) es la molécula que posee mayor relevancia a nivel celular debido a sus funciones de defensa antioxidante y mantenimiento del balance redox intracelular. Este estudio tiene como objetivo comparar el efecto antioxidante de dos sistemas de nanoestructuras con capacidad antioxidante en cultivos organotípico de cartílago de rata, a través de la medición de biomarcadores de estrés oxidante. Durante el procedimiento se realizó el cultivo organotípico proveniente del cartílago de costillas de rata Wistar en donde se evaluaron los siguientes tratamientos: control negativo, control positivo usando el estresor peróxido de hidrógeno; liposomas y nanopartículas en concentración alta y baja con GSH y vacías. Se realizaron pruebas de cuantificación de GSH, lipoperoxidación (TBARS) y porcentaje de especies reactivas de oxígeno (%EROs). Para evaluar si había diferencias significativas entre los tratamientos se realizó ANOVA de una vía, seguido de un análisis post hoc de comparación múltiple de media de Fisher con un  $p < 0.05$ . Los resultados de la cuantificación de GSH señalan la diferencia entre ambos nanosistemas, siendo las nanopartículas similares al control positivo; la lipoperoxidación es menor con liposomas en comparación con nanopartículas; el %EROs no tienen diferencias significativas entre los grupos de liposomas y nanopartículas. Por lo tanto, mostrando ambas el mismo

efecto. No obstante, debido a sus diferencias estructurales, se requiere realizar otras pruebas para explicar el comportamiento de las nanopartículas y los liposomas.

**Palabras clave:** Osteoartritis, Glutación, Nanopartículas, Liposomas

## Introducción

La osteoartritis es la enfermedad más frecuente en los adultos de la tercera edad y ha sido relacionada con el estrés oxidante; siendo esta que ocurre en el cartílago articular. Por esta razón, surge la necesidad de estudiar sus posibles alternativas terapéuticas, los fármacos convencionales favorecen la disminución de los signos y síntomas. Sin embargo, no tienen un efecto en etapas tardías, por tal motivo se ha usado a la nanociencia para la fabricación de sistemas nanoestructurados, con el objetivo de mejorar las respuestas en estadios tempranos y tardíos.

El cultivo organotípico tiene la característica fundamental que permite mantener, cierta parte de la estructura anatómica del tejido *in vivo* debido a que se conservan las interacciones histológicas que permite mantener los tipos celulares diferenciados, lo que juega un papel importante para un modelo de estudio donde se pretende obtener una réplica del tejido de origen (García, 2002).

La nanotecnología es el estudio y la manipulación de materia en tamaños generalmente entre uno y 1000 nanómetros. Las nanopartículas son definidas como partículas que son más pequeñas que 1000 nanómetros (milmillonésima parte de un metro). En el campo de la medicina, se pueden usar nanopartículas para transportar anticuerpos, medicamentos, elementos para las pruebas con imágenes y otras sustancias hasta ciertas partes del cuerpo. Las nanopartículas están en estudio para la detección, el diagnóstico y el tratamiento de cáncer. Las nanopartículas lipídicas fueron desarrolladas como un sistema de transporte alternativo a las emulsiones, liposomas y nanopartículas poliméricas; también, presentan una mejor biodisponibilidad, protegen las moléculas de fármacos susceptibles de degradarse bajo la influencia de agentes externos como la luz

y el agua, y podrían ser de liberación prolongada para sustancias activas poco solubles en agua incorporadas en la matriz lipídica sólida (Villafuerte *et al.*, 2008).

En este estudio se pretende utilizar un cultivo celular organotípico de cartílago de rata para estudiar y analizar su actividad a nivel celular del condrocito en un microambiente parecido al fisiológico, a través de la exposición de sistemas nanoestructurados cargadas con antioxidantes para disminuir el estrés oxidante inducido.

## Objetivo

Comparar el efecto antioxidante de dos sistemas nanoestructurados con capacidad antioxidante en cultivos organotípicos de cartílago de rata, a través de biomarcadores de estrés oxidante.

## Materiales y métodos

### *Nanopartículas de Quitosán y GSH*

- Solución de ácido acético al 1% a pH de 4.1
- Pluronic F-68
- Solución de tripolifosfato al 0.1% en solución ácida al 1%
- Quitosán de bajo peso molecular
- L-Glutatión Reducido
- Glicerol 99%

### *Liposomas de Colesterol y GSH*

- L-alfa-Fosfatidilcolina de Soya
- Alcohol etílico absoluto
- Cloroformo
- Metanol
- Sacarosa al 10%
- L-Glutatión Reducido

### *Cultivo organotípico*

- Medio de cultivo DMEM suplementado y antibiótico

- Buffer Krebs- Henseleit
- Buffer de disección
- Placa de 96 pozos
- Incubadora de temperatura controlada
- Vibratomo

#### *Preparación de Nanopartículas de quitosán y GSH*

La síntesis de nanopartículas de quitosán se realiza a partir del método de gelación iónica. Se prepara la solución de ácido acético al 1% a pH 4.1 - 4.2 que posteriormente se usa para disolver Pluronic F-68 con quitosán (solución 1) y TPP (solución 2). Ambas soluciones se filtran y después se agrega GSH a la solución 1. Por último, se incorporan ambas soluciones por goteo constante y se filtran usando membranas de 0.65 y 0.45 para esterilizarlas.

#### *Preparación de Liposomas de colesterol y GSH*

El protocolo para liposomas indica que se debe disolver fosfatidilcolina en etanol y llevar al termoagitador, posteriormente se agrega el colesterol junto a una mezcla 1:1 de cloroformo y metanol. Se mezcla en el rotavapor, mientras se prepara la siguiente solución sacarosa al 10% y adicionar GSH. Ambas soluciones se mezclan en el rotavapor y se sonicán. Por último, se filtran usando membranas de 0.65 y 0.45 para esterilizarlas.

#### *Preparación del cultivo organotípico*

De acuerdo con lo realizado en el laboratorio, se obtiene el cartílago hialino de las costillas de rata Wistar y se realizan lavados con buffer de Krebs - Henseleit. En el microtomo se realizan los cortes y se mantienen en el buffer de disección hasta que se reparten en la placa que contendrá el medio DMEM suplementado y con antibiótico.

Terminado el tiempo de incubación se almacenan los cortes en buffer de lisis por un mínimo de 72 h en el congelador. Después se disgrega el tejido usando el sonicador y se realizan las pruebas experimentales: cuantificación de EROs, cuantificación de GSH y cuantificación de TBARS.

## Resultados

### Esquemas de exposiciones

Tabla 1. Esquema de exposiciones.

	Condiciones	Tiempo de exposición
Control positivo	Peróxido de hidrógeno a 100 $\mu$ M	30 minutos
Control negativo	Medio DMEM suplementado	2 horas
Nanopartículas vacías	Concentración baja	
Nanopartículas-GSH		
Liposomas vacíos		
Liposomas-GSH		
Nanopartículas vacías	Concentración alta	
Nanopartículas-GSH		
Liposomas vacíos		
Liposomas-GSH		

### %EROs

Los resultados de los controles demuestran que para el control negativo existe un porcentaje de especies reactivas inferior (menor al 70%) comparado con el control positivo al cual se adicionó el estresor peróxido de hidrógeno a una concentración de 100  $\mu$ M con el fin de producir estrés celular.

Como se ilustra en la Figura 1, se observa la diferencia significativa existente entre el control positivo y los demás tratamientos que corresponden a los liposomas, manteniéndose en resultados similares junto al control negativo. Una respuesta parecida ocurre con las nanopartículas.

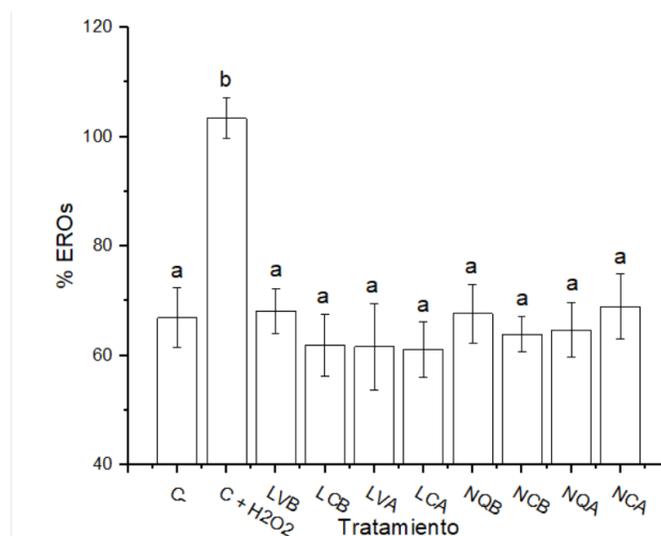


Figura 1. Cuantificación de %EROs en los nanosistemas expuestos.

### GSH

En primera instancia, el control negativo muestra los niveles basales de GSH en las células sin tratamiento; por el contrario, el control positivo muestra un incremento en los niveles de GSH de las células expuestas al agente estresor.

Por otro lado, en la Figura 2 se muestran los resultados para liposomas, siendo que no hay diferencias significativas entre los liposomas cargados y los vacíos, sin embargo, en los liposomas cargados se puede observar un menor nivel. En los resultados de nanopartículas se puede observar que NQB, NCB y NCA presentan resultados similares al control positivo, incrementando los niveles de glutatión, mientras que NQA mostraron resultados similares a los observados en los liposomas.

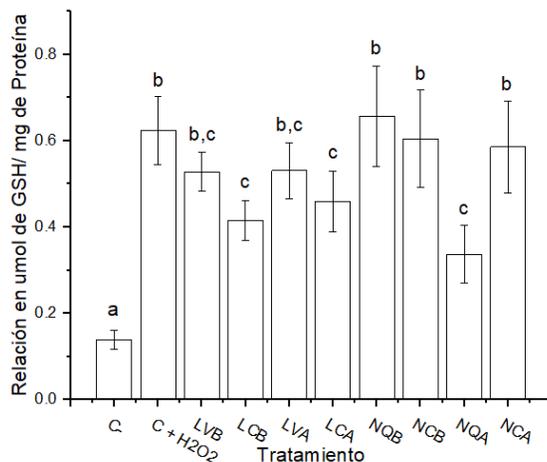


Figura 2. Cuantificación de GSH en los nanosistemas expuestos.

### TBARS

En la Figura 3 se observan los resultados de MDA para los nanosistemas. El control negativo presenta niveles basales de MDA, mientras que el control positivo es el contrario, los niveles del producto de lipoperoxidación se encuentran notablemente incrementados.

Los liposomas presentan resultados similares al control negativo tanto para vacíos y cargados. La misma respuesta ocurre con las nanopartículas de quitosano cargadas y vacías, excepto para la exposición de nanopartículas con GSH de baja concentración.

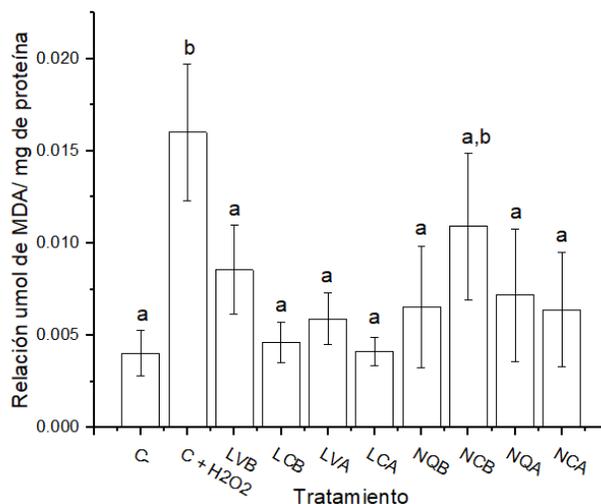


Figura 3. Cuantificación de MDA por método de TBARS en los nanosistemas expuestos.

### Discusión

Después de las dos horas de incubación del cultivo de cartílago de rata Wistar se realiza la primera prueba de porcentaje EROs que consiste en la cuantificación de las especies reactivas de oxígeno producidas en el tejido y usando el reactivo diclorofluoresceína para su identificación (Pérez *et al.*, 2000).

La cuantificación de %EROs en los nanosistemas indican que la respuesta de ambos no representa diferencias significativas, se puede sugerir que su vectorización no indujo estrés a la célula, lo cual puede deberse a su tamaño, así como al glutatión presente en los liposomas como en las nanopartículas, ya que es uno de los antioxidantes más importantes en las células (Rizeq *et al.*, 2019).

En la prueba de glutatión en el tejido se utiliza el buffer de reacción que contiene DTNB que reacciona con el glutatión oxidado para obtener el glutatión total presente en la muestra. El GSH en el tejido es el antioxidante introducido en el cartílago a partir de nanopartículas y liposomas (Forman & Rinna, 2009).

Los anteriores resultados mostrados sugieren que el origen del GSH encontrado es de origen endógeno, es decir, producido en el interior de la célula, ya que esto explicaría por qué los nanosistemas vacíos se encuentran concentraciones de GSH mayores en comparación de las que están cargadas con el antioxidante (Denzoin *et al.*, 2013).

En el caso de los cargados debido a la presencia de glutatión en los nanosistemas se podrían estar activando a nivel celular mecanismos de regulación para la síntesis del glutatión, ya que a nivel celular grandes cantidades de este antioxidante inhiben la actividad de la enzima gamma-glutamilcisteína-sintetasa esto puede ser parte de la respuesta del tejido a la entrada de los nanosistemas como mecanismo de regulación para la síntesis de glutatión (Denzoin *et al.*, 2013).

También hay que considerar que el cartílago está compuesto por matriz extracelular y condrocitos, lo cual podría en algún momento atrapar alguno de los nanosistemas e impedir que entre a las células y la liberación del antioxidante sea menor (Jiang & Tuan, 2014).

La siguiente prueba TBARS, cuantifica malondialdehído (MDA) producto de lipoperoxidación mediada por radicales libres y estrés oxidante (Pérez *et al.*, 2000).

Los anteriores resultados demuestran que el control positivo al exponerse a peróxido de hidrógeno incrementa sus niveles de MDA debido a la presencia de especies reactivas de oxígeno, lo que ocasiona la lipoperoxidación a nivel de la membrana celular, en cambio, para el control negativo y nanosistemas tanto cargados como vacíos los resultados podría apuntar a que su endocitosis, por lo menos la mayoría de las exposiciones no ocasionó daños significativos a la membrana celular que en contraste con la primera prueba corrobora el grado de toxicidad de los nanosistemas en el tejido (Frigaard *et al.*, 2022).

### Conclusión

1. De acuerdo con los resultados anteriores, se demostró que ambos sistemas nanoestructurados presentaban respuestas similares con respecto a los biomarcadores de estado redox medido.
2. Las características fisicoquímicas de los nanosistemas no afectaron al tejido posterior a su exposición según las pruebas de %EROs y TBARS, sin embargo, no se observaron diferencias entre los sistemas cargados y vacíos, lo cual sugiere que algún componente de la formulación podría estar interaccionando.
3. El GSH medido durante la experimentación pudiera ser producto de la defensa antioxidante celular, así como el propio de los nanosistemas, por lo tanto, es necesaria realizar más pruebas que den certeza del origen del GSH cuantificado.

### Agradecimientos

Para el proyecto PAPIIT-DGAPA con nombre “Estudio de la respuesta antioxidante inducida por nanopartículas de quitosán con glutatión en la osteoartritis, estudio *in vitro* e *in vivo*” clave IN214321 por el apoyo para realizar el trabajo.

### Referencias

Denzoin, V. L. A., Soraci, A. L., & Tapia, M. O. (2013). Homeostasis del glutatión. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 47(3), 529-539. ISSN: 0325-2957.

Forman, H. J., & Rinna, A. (2009). Glutathione: Overview of its protective roles, measurement, and biosynthesis. *Molecular Aspects of Medicine*, 30(1-2), 1-12.  
<https://doi.org/10.1016/j.mam.2008.08.006>

Frigaard, J., Jensen, J. L., Galtung, H. K., & Hiorth, M. (2022). The Potential of Chitosan in Nanomedicine: An Overview of the Cytotoxicity of Chitosan Based Nanoparticles. *Frontiers in Pharmacology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.880377>

García, J. M. (2002). Introducción al cultivo de tejidos.  
<http://histolii.ugr.es/jmgarcia/cultivos/cultivos.pdf>

Jiang, Y., & Tuan, R. S. (2014). Origin and function of cartilage stem/progenitor cells in osteoarthritis. *Nature Reviews Rheumatology*, 11(4), 206-212.  
<https://doi.org/10.1038/nrrheum.2014.200>

Pérez, G. P. L. & Pérez, A. J. L. (2000). Métodos para medir el daño oxidativo. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 29(3), 192-198.

Rizeq, B., Younes, N., Rasool, K., & Nasrallah, G. K. (2019). Synthesis, Bioapplications, and Toxicity Evaluation of Chitosan-Based Nanoparticles. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(22), 5776. <https://doi.org/10.3390/ijms20225776>

Villafuerte, R., L., García, F. B., Garzón, S. M. L., Hernández, L. A., & Vázquez, R. M. L. (2008). Nanopartículas lipídicas sólidas. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 39(1), 38-52.

## RELACIÓN DE ERRORES ENCONTRADOS POR REGLAS DE WESTGARD Y LA RESOLUCIÓN DEL EQUIPO

Gabino Estevez-Delgado<sup>1\*</sup>, Joaquin Estevez-Delgado, Diana Laura Contreras-Reyes, y Ximena Ramos-Zamora<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

<sup>2</sup>Centro de Innovación y Desarrollo Agroalimentario de Michoacán

\*[gabino.estevez@umich.mx](mailto:gabino.estevez@umich.mx)

### Resumen

Cuando se realiza un análisis de control de calidad, una herramienta utilizada es la generación de diagramas Levey Jennings o cartas control. En conjunto con otras herramientas de control estadístico de procesos, se puede realizar un análisis integral como parte de la mejora continua, tales como: los diagramas de Pareto, diagramas de Ishikawa o diagramas de causa y efecto. Por otro lado, el desarrollo en campos específicos como lo es la valoración de resultados en el campo clínico hace uso de herramientas que permite el control de calidad, tales como reglas de Westgard. Dada la importancia de estas herramientas, estas son incluidas en varios instrumentos de medición, tales como aquellos destinados a garantizar la trazabilidad metrológica en referencias como ISO 15189 o requerimiento de Cofepris. Las reglas Westgard permiten evaluar las posibles desviaciones y el tipo de errores sistemáticos o aleatorios a partir de la evaluación de las series generadas en cartas control. En caso de haber alguna violación o desviación en la serie de valores, se incorporan los diagramas de Ishikawa y un análisis objetivo sobre las variables de influencia que puedan llevar a la determinación de las causas. En la presente investigación se presenta el análisis de una serie de datos de un material de referencia óptica dado el análisis de absorbancia, encontrándose cómo el redondear los resultados con 5 dígitos es diferente que con 4 dígitos. Al explorar la causa de una posible violación a la regla R<sub>2\_2s</sub>, considerar la tendencia central se encontró que la mejor tendencia se observa con 4 dígitos, lo que conduce a consideraciones erróneas y tomar en el análisis de causa efecto soluciones inadecuadas.

Este tipo de errores podrían presentarse en otros materiales de referencias certificados para equipos como citómetros, lectores de ELISA, entre otros, inclusive extenderse a otras magnitudes.

**Palabras clave:** control de calidad, diagramas Levey Jennings, linealidad.

## Introducción

Los trabajos de Shewart y Deming sentaron las bases para generar los conceptos modernos de la calidad. Ambos pugnaban por el proceso de la mejora continua, encontrando la necesidad de generar herramientas para poder analizar cuándo un proceso se aleja de la variabilidad mínima, lo que llevaría a una heterocedasticidad de los datos obtenidos. A lo largo de las décadas del siglo pasado se desarrollaron herramientas para el control de la calidad, tales como las herramientas de Ishikawa para dar lugar a la generación de causas que generan un problema y el efecto que tendrá cada causa; otro tipo de herramienta es el desarrollo diagramas de Levey-Jennings o mejor conocidas como cartas control, lo que permite valorar las desviaciones en los resultados con respecto a un valor objetivo determinado por la media aritmética y un intervalo dado por un factor de la desviación estándar alrededor de la media,  $[\bar{x} - ks, \bar{x} + ks]$ .

Los diagramas de Levey-Jennings permiten garantizar en el análisis intervalos de confianza e intervalos de prevención. Aun cuando por años se utilizó de esta manera se hizo necesario poder generar una serie de lineamientos que pudieran agrupar la experiencia y la formalidad acumulada en diferentes campos de procesos de control de calidad con el uso de estas herramientas (Rojas, 2017).

Un interés particular en el análisis de las cartas control es poder hacer uso de estas para determinar la precisión o la estabilidad de los procesos, tanto de los valores analíticos en los laboratorios o del análisis del comportamiento de la estabilidad, tanto de los instrumentos de medición, como del propio comportamiento de la reproducibilidad de las mediciones.

Algunas magnitudes dentro de los laboratorios han tenido la necesidad de interpretar de manera sistemática las desviaciones y tendencias que se generan en el proceso de medición, tales como los laboratorios de inocuidad alimentaria acreditados o regulados con algún organismo como lo es la Entidad Mexicana de Acreditación, con la referencia internacional ISO 22000; otro campo importante es el área clínica, con certificaciones ISO 9001 o con la referencia internacional ISO 15189, donde debido a la importancia del proceso se hace necesario que a partir de las cartas de control de Levey-Jennings, desarrolladas alrededor de 1950, se analice de manera preventiva la posibilidad de alguna tendencia que genere alguna problemática en el día a día, en complemento de otra serie de valores de control como lo son las curvas de calibración que se utilizan para garantizar la funcionalidad de los calibradores o valores de referencia certificados para cada analito.

La ventaja del método gráfico del control de calidad, mediante cartas control, es la visualización inmediata que permite determinar si el proceso se encuentra bajo control o responder a cuáles son las tendencias que pueden generar problemas. Este método gráfico consiste en acomodar los valores a lo largo del tiempo, llamadas corridas consecutivas, los cuales para su análisis se unen los puntos.

James Westgard, alrededor de 1977, después de analizar la variabilidad de resultados obtenidos en los laboratorios clínicos, construyó una serie de reglas para la determinación de la interpretación de los resultados en las corridas con comportamiento no aleatorio. De esta forma, se generó una interpretación gráfica sobre la tendencia de los resultados (Westgard, 2013).

Indudablemente, los avances de Westgard (2013) han marcado una forma diferente de análisis para la precisión y la estabilidad en la que se puede marcar la pauta de los errores tanto los sistemáticos y aleatorios.

La interpretación de las cartas control, mediante reglas de Westgard, dejan abiertas posibilidades de análisis, particularmente, cuando se combina con otras herramientas para poder atender el origen de las series de datos que ocasionan las desviaciones a lo

largo del tiempo. De manera natural, ante de la búsqueda de respuestas sobre las causas que originan las desviaciones de una serie temporal de los datos, se encuentran los diagramas de causa efecto o llamados diagramas de Ishikawa. Ante el efecto mágico, que aparentemente representa la interpretación de las violaciones de errores sistemáticos o aleatorios descritos por las reglas de Westgard, surge la necesidad de generar una formalidad en el análisis más que una especie de recetas para decir si algo es correcto o no.

En este trabajo abordamos algunas consideraciones cuando tenemos una de las reglas consideradas como violación, pero que a la luz de la investigación se observa que pudiera darse un trato inadecuado al realizar el redondeo de los resultados o considerar una resolución en el equipo. Particularmente, nos referimos a los casos ópticos en instrumentos o calibradores donde se pueda tomar esta consideración.

Para poder entender las posibles repercusiones del análisis de las cartas control, consideremos que, generalmente, el valor promedio obtenido también puede tener el atributo del valor de referencia del material certificado, de uso común en el caso de las certificaciones o acreditaciones de los laboratorios clínicos.

Las tendencias temporales pueden tener dos orígenes de naturaleza aleatoria o sistemática, clasificándose como:

- **Variabilidad por factores comunes.** En tanto se utilice un instrumento de medición adecuado, la variabilidad es dada como por eventos aleatorios que no pueden ser evitables. Las acciones para disminuir la variabilidad generalmente se asocian en algunas mejoras metrológicas, tales como cambiar el instrumento de medición por uno con resolución adecuada, los materiales de referencias o patrones de referencia.
- **Variabilidad por factores especiales.** Esta se da por factores externos al sistema, como lo son instrumentos que generar ruido en las mediciones, debido a la propia naturaleza del instrumento o por la afectación de la deriva temporal y

mantenimiento. En esta misma categoría podríamos considerar la falta de capacitación por parte del personal, entre otros.

## Objetivo

Determinar el análisis de las series temporales de un material de referencia usado dentro del campo óptico, considerado para el análisis de estudios clínicos, cuyo comportamiento según las reglas de Westgard requiere de atención a fin de tomar decisiones adecuadas.

## Materiales y métodos

### *Metodología para construcción de los gráficos Levey-Jennings*

Para poder llevar a cabo la generación de las cartas control gráficos de Levey-Jennings tenemos que considerar la siguiente metodología (Eden & Herring, 2014).

- Una línea central esta representa el promedio de los valores  $\bar{x}$ .
- Dos líneas limitantes, una es la línea de control superior que se encuentra por encima de la línea central,  $\bar{x} + ks$ , y una línea de control inferior que se encuentra por debajo la línea central,  $\bar{x} - ks$ , para una determinada desviación estándar  $s$ .
- Las tendencias que se generan dentro del intervalo  $[\bar{x} - ks, \bar{x} + ks]$  o fuera de él son considerados para tomar acciones y determinar si existen errores sistemáticos o aleatorios (Rojas, 2017).

### *Metodología para interpretación de las reglas de Westgard*

Las consideraciones realizadas dentro de las cartas control se mantienen bajo las siguientes reglas, considerando que la línea central está determinada a la mitad de proceso considerando o el valor de la media o del valor de referencia, señalando que la violación de uno de los lados por encima o por debajo del promedio también es considerado, por lo que una violación o atención deberá de ser tomada en cuenta si:

- a) Un solo punto se encuentra fuera del valor uno de los dos extremos de 3 desviaciones estándar. Esta regla etiqueta la presencia de un solo valor fuera del

intervalo  $[\bar{x} - 3s, \bar{x} + 3s]$  como un valor inaceptable y ligado a un error sistemático.

Conocida como la regla R1<sub>3s</sub>.

- b) Cuando en una corrida 2 de los últimos 3 valores están fuera de 2 desviaciones estándar. Conocida como la regla R2\_3<sub>2s</sub>. Cuando un valor, en el gráfico de Levey-Jennings, está fuera de  $[\bar{x} - 2s, \bar{x} + 2s]$  se identifica como prioridad el revisar algunas otras reglas de control, sin que necesariamente se tenga que rechazar la serie de datos.
- c) Cuando dos puntos consecutivos exceden del mismo lado 2s,  $[\bar{x} - 2s, \bar{x} + 2s]$ , si se produce esto se detecta un error sistemático. Alerta. Conocida como la regla R2-2s.
- d) Cuando dos valores consecutivos de diferentes controles se encuentran fuera del intervalo  $[\bar{x} - 4s, \bar{x} + 4s]$ , uno de cada lado, se considera que se encuentra ante la presencia de un error aleatorio. Esta regla solo se usa con dos controles de la misma corrida. Conocida como la regla R4<sub>s</sub>.
- e) Si bien los valores del mismo lado del intervalo  $[\bar{x} - 2s, \bar{x} + 2s]$  el proceso está controlado. Sin embargo, 4 valores de un mismo lado del intervalo  $[\bar{x} - s, \bar{x} + s]$  puede generar errores sistemáticos, lo que tener diferentes orígenes algunos de ellos asociados a problemas de los instrumentos de medición o de los reactivos. Conocida como la regla R4<sub>s1</sub>.
- f) Tres de las mediciones consecutivas del control están a un mismo lado de la media y exceden de 1 desviación estándar. Esto puede ser dentro de un mismo control que cruce 3 corridas consecutivas o dentro de 3 controles que crucen 1 corrida consecutiva. Conocida como la regla R3<sub>1s</sub>.
- g) 12 mediciones consecutivas del control están a un mismo lado de la media. Conocida como la regla R12<sub>x</sub>.

*Metodología para el análisis del cambio de las violaciones según las reglas.*

El método de investigación es de tipo deductivo, dado que a partir de las mediciones reportadas se observan los patrones observando la tendencia de los datos a fin de

establecer la diferencia en las pendientes de los valores de la serie en el caso de la generación de patrones, determinados a considerar de manera paralela los cambios que se consideran en las reglas Westgard.

Pasos a seguir:

- Generar la carta control, considerando los valores medidos de manera secuencial.
- Se considera importante obtener la serie de datos observándose si presentan alguna de las violaciones o tendencias establecidas por las reglas Westgard.
- Se determina la pendiente de la ecuación lineal entre los puntos que generan la parte cuestionable de los eventos que genera la variabilidad.
- Se analizan de manera independiente los valores entre los puntos determinando la razón de cambio entre valores a fin de determinar si la diferencia entre valores del cambio de pendiente es significativa.

El análisis se realiza considerando los valores consecutivos como se expresan a continuación (Tabla 1).

**Tabla 1. Secuencia para la determinación de la pendiente entre los datos. Fuente: Propia.**

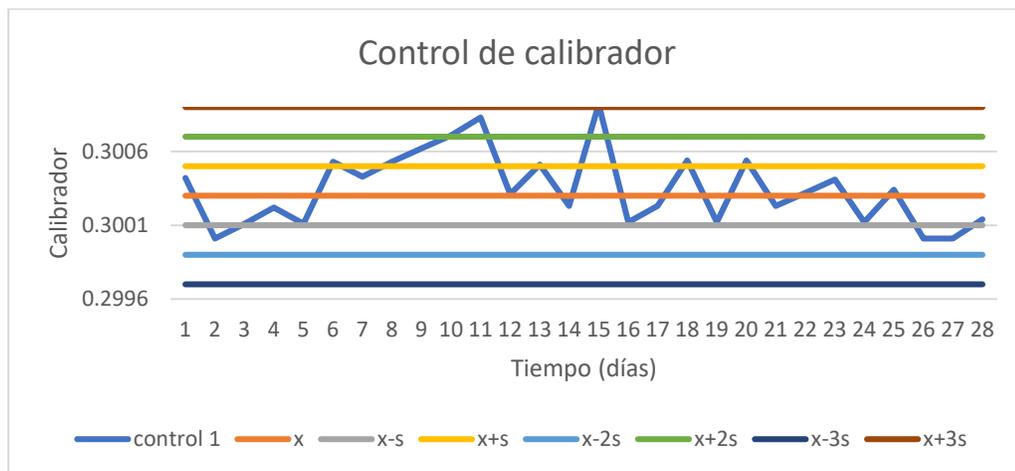
Tiempo	Datos	Razón de cambio
$X_1$	$Y_1$	----
$X_2$	$Y_2$	$\frac{(Y_2 - Y_1)}{(X_2 - X_1)}$

$X_3$	$Y_3$	$\frac{(Y_3 - Y_2)}{(X_3 - X_2)}$
$X_4$	$Y_4$	$\frac{(Y_4 - Y_3)}{(X_4 - X_3)}$
.	.	.
.	.	.
.	.	.
$X_n$	$Y_n$	$\frac{(Y_n - Y_{n-1})}{(X_n - X_{n-1})}$

Para este estudio, se tomó un material de referencia óptico observando el monitoreo de las concentraciones alrededor de 28 mediciones, a fin de seguir la metodología planteada.

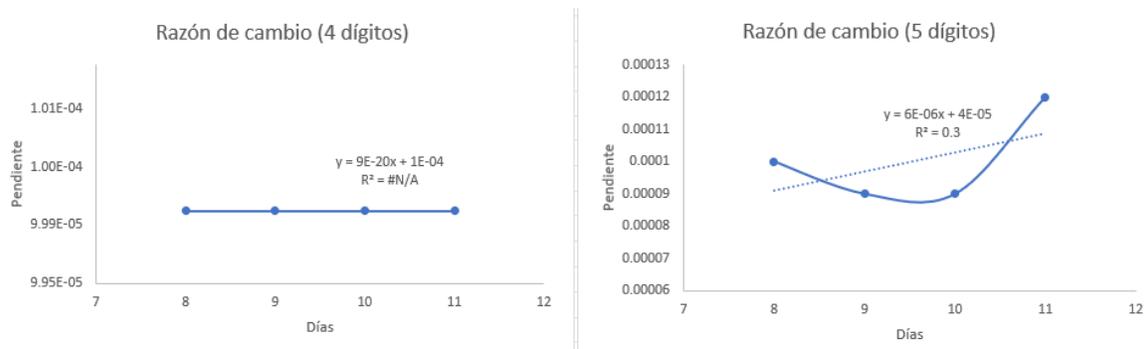
## Resultados

Tomando el calibrador se observó la siguiente carta control (Figura 1).



**Figura 1. Gráfico de Levey-Jeannins para el calibrador (Elaboración propia).** Se observa qué ocurre al momento de analizar la tendencia lineal tomando 4 dígitos o al incrementar o disminuir el número de dígitos, tomando la razón de cambio, de acuerdo al método de la Tabla 1. Cómo se observa a continuación, al mantener el análisis a 4 dígitos

se mantiene una línea recta con variaciones casi imperceptibles, por lo que la linealidad es evidente y apuntaría a determinar que el análisis de la variación, según las reglas de Westgard, no se requieren rechazar las mediciones realizadas durante esos días. Ahora bien, si observamos un cambio en la resolución de las mediciones, considerando 5 dígitos, podemos determinar que se mantiene el mismo patrón de la carta control, Figura 1, pero al observar en gráfico considerando la razón de cambio, está a diferencia de cuando se utilizó 5 dígitos si deja ver los cambios de las diferencias de las variaciones, Figura 2, de acuerdo con el coeficiente de determinación  $R^2$ .



**Figura 2. Gráficos para 4 y 5 dígitos (Elaboración propia).**

### Discusión

El incremento de dígitos de 3 a 4, aun cuando tenemos una tendencia según las reglas de Westgard, podemos determinar con el análisis de la linealidad del cambio de pendiente en los datos que no hay linealidad y determinar que no hay presencia de error sistemático, finalmente el caso de tomar los 5 dígitos podemos determinar que las causas de la variación si pueden ser imputables a una variación. Las acciones a tomar, si se asocia que finalmente, este tipo de análisis se complementan con otro tipo de metodologías, como los diagramas de Ishikawa o diagramas de causa efecto, pueden conducir a soluciones diferentes. En tanto que la generación de análisis con menor número de dígitos puede subestimar la gravedad de la tendencia dada por las reglas de Westgard. Un incremento de dígitos o la consideración de un instrumento de mejor resolución puede evidenciar que en efecto si hay errores por atender y que al ser de carácter sistemático puede conducir a generar riesgos potenciales en las mediciones.

## Conclusión

Finalmente, el caso de menor números de dígitos podría encubrirse el origen de las tendencias e inclusive subestimar el tener que atender algún error sistemático. Adicional puede considerarse, que de manera deliberada un laboratorio podría observar que tomar menos dígitos o realizar redondea a menor número de dígitos podría intencionalmente encubrir errores en las mediciones.

## Agradecimientos

Agradecemos el apoyo brindado por el laboratorio de Biofísica del Instituto de Física y Matemáticas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Así como la Coordinación de Investigación Científica por los apoyos otorgados para llevar a cabo la investigación.

## Referencias

- Eden, P., & Herring, C. (27 de octubre de 2014). Control de calidad en muestras de laboratorio clínico. <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA622714.pdf>
- Rojas, C. J. N. (3 de julio de 2017). Cartas de control de calidad. <https://es.slideshare.net/NorvilRojasCoronel1/cartas-de-control-de-calidad>
- Westgard, J. O. (2013). Prácticas básicas de control de calidad. Madison, WI: Edición Wallace Coulter.

## DESARROLLO DE UN PROGRAMA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE DZP USANDO MATLAB

Eduardo Iván Pérez-Gómez, Adrián Ricardo Hipólito-Nájera\*, María del Rosario Moya-Hernández, Norma Rodríguez-Laguna, Juan Carlos Rueda-Jackson y Rodolfo Gómez-Balderas

*Laboratorio de Fisicoquímica Analítica, UIM, FES Cuautitlán*

\*[ricardohipolito@cuautitlan.unam.mx](mailto:ricardohipolito@cuautitlan.unam.mx)

### Resumen

El estudio del equilibrio termodinámico de sistemas multicomponentes y multirreaccionantes sigue siendo en la actualidad un modelo útil para determinar la estabilidad y el comportamiento químico general de las diferentes especies presentes en él mismo. Con el fin de establecer de manera rápida las condiciones de equilibrio del sistema, así como de predecir las reacciones que ocurren en él, se ha propuesto la aplicación de métodos gráficos que incluyen diagramas de distribución y logarítmicos, así como diagramas de zonas de predominio (DZP). Para facilitar los cálculos involucrados para los DZP es posible usar programas computacionales. El programa elegido en este trabajo es MATLAB, ya que presenta un lenguaje y una interfaz amigable, para la programación de la matemática involucrada en la química. Además, MATLAB tiene la posibilidad de crear aplicaciones sin la necesidad de programas adicionales. En este trabajo se compilaron las ecuaciones necesarias y se desarrolló un programa para el cálculo y la construcción de DZP en 2D con MATLAB. Con el programa creado, fue posible construir diagramas de sistemas químicos en donde una sola molécula de M reacciona con una sola molécula de L, pero de manera simultánea M reacciona con  $\text{OH}^-$  y L reacciona con  $\text{H}^+$ , así como el complejo ML pueda presentar reacciones con  $\text{OH}^-$  o  $\text{H}^+$ . El programa crea diagramas que pueden ser comparados con los reportados en la literatura.

**Palabras clave:** Diagramas de zonas de predominio, constantes condicionales, programación, química analítica, método de Ringbom.

## Introducción

El estudio de procesos que involucran especies en solución requiere de un conocimiento preciso de la estabilidad de las diferentes especies químicas existentes en cada una de las fases presentes en el sistema a considerar, así como la coexistencia de estas diferentes fases. El estudio del equilibrio termodinámico de sistemas multicomponentes y multirreaccionantes sigue siendo en la actualidad un modelo útil para determinar la estabilidad y el comportamiento químico general de las diferentes especies presentes en el mismo (Rojas, 1992; Rojas, 1995a). Cuando el número de las especies y/o reacciones químicas es grande, casi siempre es necesario utilizar métodos iterativos para determinar la composición de equilibrio termodinámico del sistema (Rojas, 1995b). Con el fin de establecer de manera rápida las condiciones de equilibrio del sistema, así como de predecir las reacciones que ocurren en él, se ha propuesto la aplicación de métodos gráficos que incluyen diagramas de distribución y logarítmicos, así como Diagramas de Zonas de Predominio (DZP) (Rojas, 1995b,c). El método de Ringbom muestra que es posible realizar un estudio de más de dos componentes mediante la generalización de leyes de acción de masas (constantes de equilibrio condicionales) que, si es el caso, incorporan la presencia de agentes a concentraciones altas y constantes (amortiguados), manteniendo ecuaciones análogas a la de sistemas de sólo dos componentes (Ringbom, 1979).

Con objeto de aclarar la naturaleza de la constante condicional, consideraremos la reacción de complejación.



El equilibrio de la reacción antes indicada puede definirse mediante la expresión:

$$\frac{[ML]}{[M][L]} = K_{ML}$$

donde  $K_{ML}$  es la constante de formación.

Con objeto de conservar la ecuación de equilibrio en una forma sencilla, en forma de una constante condicional ( $K'$ ) sería:

$$K' = K_{M'L'} = \frac{[ML]}{[M'][L']}$$

En esta expresión  $[M']$  indica la concentración no sólo del ion metálico libre, sino también de todas las especies posibles del metal en solución que no ha reaccionado con el agente complejante. Por su parte,  $[L']$  representa no sólo la concentración del ligando libre, sino también la de todas las especies del agente complejante no unidas al metal.

Si usamos fracciones que constituyen medidas del grado en que se producen reacciones simultáneas, podemos definir para M y L:

$$\alpha_M = \frac{[M']}{[M]} \quad \text{y} \quad \alpha_L = \frac{[L']}{[L]}$$

Sustituyendo en  $K'$ , se obtiene:

$$K_{M'L'} = \frac{K_{ML}}{\alpha_M \alpha_L}$$

En este sentido, si además de la ecuación  $M + L \rightleftharpoons ML$ , M también reacciona con A se definiría una ecuación como  $M + A \rightleftharpoons MA$  y se definiría la siguiente fracción:

$$\alpha_{M(A)} = 1 + [A]\beta_1 + [A]^2\beta_2 + \dots + [A]^n\beta_n$$

donde:

$\beta$  es la constante de formación global, el subíndice indica el número de moléculas de A que reaccionarán con M, desde 1 hasta n.

Asimismo, además de la ecuación  $M + L \rightleftharpoons ML$ , L reacciona al mismo tiempo con B con su ecuación  $L + B \rightleftharpoons LB$  se definiría una nueva fracción.

$$\alpha_{L(B)} = 1 + [B]\beta_1 + [B]^2\beta_2 + \dots + [B]^m\beta_m$$

donde:

$\beta$  es la constante de formación global, el subíndice indica el número de moléculas de B que reaccionarán con M, desde 1 hasta m.

Estos cálculos pueden realizarse a mano, pero suelen ser difíciles de manejar por su extensión, con posibilidad de cometer errores humanos. Por lo que es necesario usar un método en el que se pueda generalizar y facilitar el cálculo. Para que sólo sea necesario cambiar pocas variables como las constantes de complejación  $K_{ML}$  o las  $\beta$ , según sea el caso. Estos cálculos pueden facilitarse con la ayuda de programas de computadora (Rojas, 1995a).

Se conocen muchos programas de computadora que pueden ayudar a facilitar el procesamiento de datos. En este trabajo, se hace uso del programa MATLAB (MATrix LABoratory), que como lo dice su nombre, trabaja principalmente con matrices de datos, usando el lenguaje M, el cual es propio del programa (Eugeniy, 2018; Eshkabilov, 2019). El lenguaje no es difícil de utilizar y es muy amigable para poder visualizar funciones y gráficos en 2D. Además, en años recientes, las prestaciones de este programa, han llegado a tal punto de poder crear aplicaciones o programas para tareas particulares (Eugeniy, 2018). Existen muchas aplicaciones de MATLAB enfocadas a la química (Maeder, 2007). Sin embargo, hasta el momento no existe un programa en este lenguaje en el que se puedan construir gráficos en 2D del valor de  $K'$  en función de una especie amortiguada M, L, A, B, etc.

## Objetivo

Compilar las ecuaciones necesarias para el cálculo y la construcción de DZP en 2D con MATLAB para posteriormente desarrollar un programa.

## Materiales y métodos

Computadora con el programa MATLAB versión R2023a. Con herramienta de diseño de aplicaciones de MATLAB, con los siguientes componentes

*Sistema operativo:*

Windows: Windows 11.

Mac: macOS Big Sur, version 11.7.6

*Procesador:* Intel o AMD x86-64 con soporte de instrucciones AVX2

*Disco:* 2 GB solo para MATLAB, 4-6 GB para una instalación típica.

*RAM:* 1GB mínimo, 4 GB recomendado.

*Tarjeta gráfica:* Soporte para OpenGL 3.3 recomendado con 1 GB en GPU.

El método de construcción de los diagramas es el descrito por Ringbom utilizando los datos de constantes por este mismo autor (Ringbom, 1979).

## Resultados

A continuación, se muestran los resultados del programa obtenido en la Figura 1 a 3, mostrando las ventanas más relevantes que se describirán más a fondo en la sección siguiente.

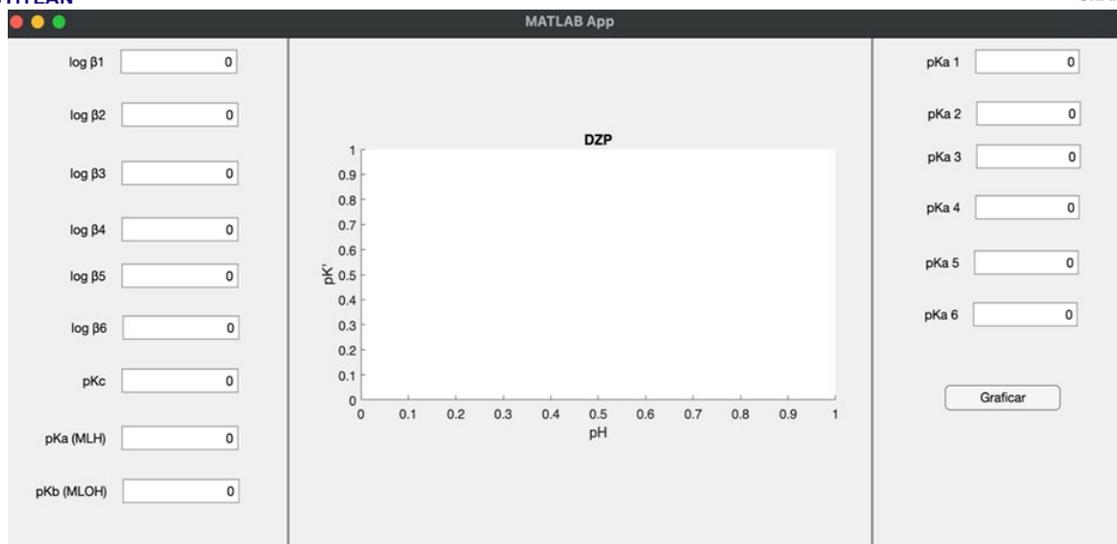


Figura 1. Ventana principal del programa, se muestran las 3 columnas que lo conforman.

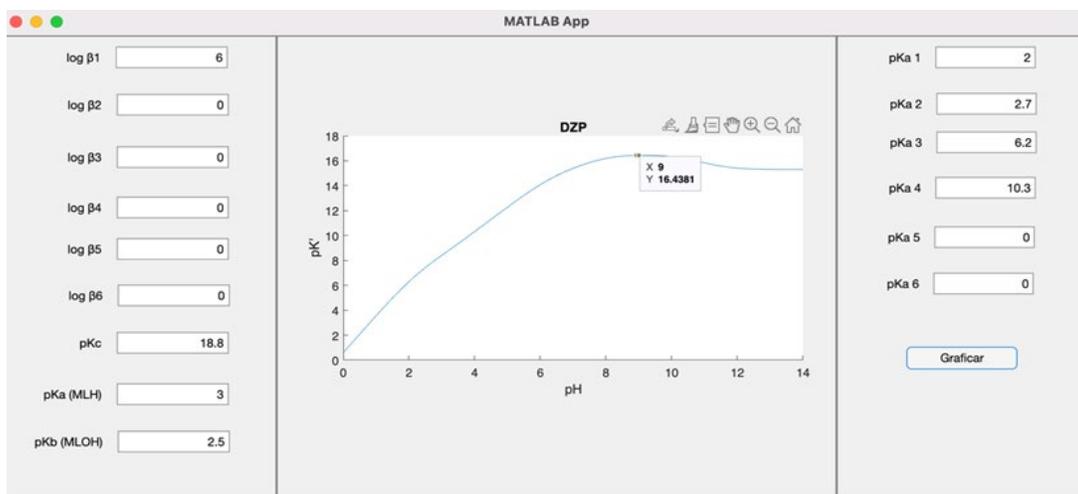
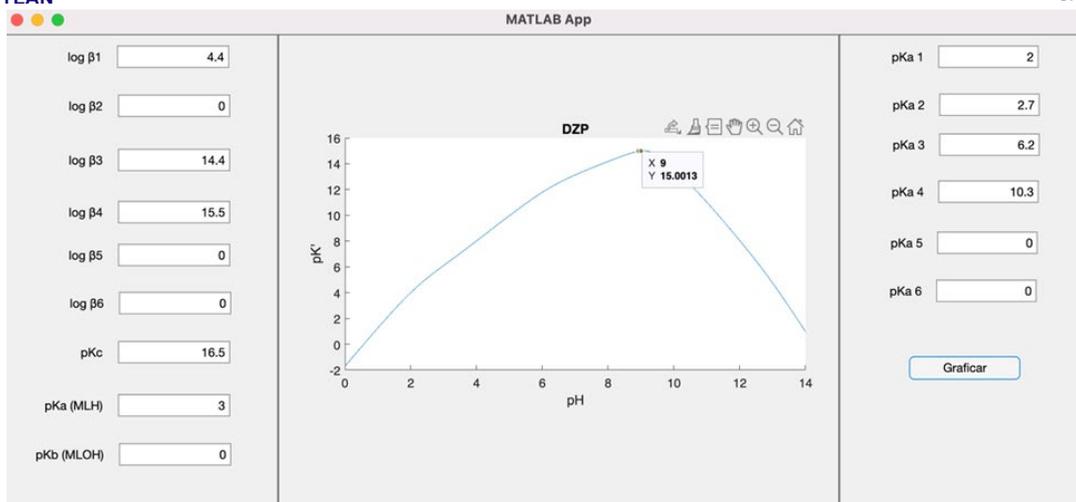


Figura 2. Sistema Cu-EDTA a diferentes valores de pH. Los valores de constantes de equilibrio utilizadas se muestran en su casilla correspondiente. El cursor muestra que a pH = 9 pK' = 16.4381.



**Figura 3. Sistema Zn-EDTA a diferentes valores de pH. Los valores de constantes de equilibrio utilizadas se muestran en su casilla correspondiente. El cursor muestra que a  $\text{pH} = 9$   $\text{pK}' = 15.0013$ .**

El programa funciona sólo para sistemas en donde está involucrado una sola molécula de M que reacciona con una sola molécula de L, pero de manera simultánea M reacciona con  $\text{OH}^-$  y L reacciona con  $\text{H}^+$ , así como el complejo ML pueda presentar reacciones con  $\text{OH}^-$  o  $\text{H}^+$ .

## Discusión

Las ecuaciones presentadas en la sección de introducción fueron compiladas dentro del programa, con el lenguaje apropiado, por simplificación no se muestran. Estas ecuaciones fueron posteriormente compiladas dentro de la herramienta de diseño de aplicaciones de MATLAB, usando plantillas preestablecidas. La ventana de inicio del programa se muestra en la Figura 1. Se divide en tres columnas, en la primera, se colocan los valores de las constantes de complejación ( $\beta$ ) de M con el ion hidróxido ( $\text{OH}^-$ ), más abajo se puede escribir la constante de complejación ( $\text{pK}_c$ ) de M con L, más abajo se encuentra un espacio para escribir las constantes de formación, del complejo ML que forma complejos con ion hidrónico ( $\text{H}^+$ ) ( $\text{pK}_a$  (MLH)), en el último espacio debe escribirse la

constante de formación de ML con  $\text{OH}^-$  ( $\text{pK}_b$  (MLOH)). En la columna siguiente, se muestra el gráfico del  $-\log K' = \text{pK}'$  contra el  $-\log[\text{H}^+] = \text{pH}$ , por último, en la 3er columna deben escribirse las constantes de formación sucesivas de L con  $\text{H}^+$  que suelen llamarse  $\text{pK}_a$ . Por último, se tiene el botón de graficar. Debe señalarse que si no se tiene algún valor de constante debe escribirse 0. Una vez que se han colocado los valores debe presionarse el botón de graficar. En la columna de en medio se mostrará el gráfico deseado. En la Figura 2 se muestra el gráfico del sistema M = cobre (Cu) y L = ácido etilendiaminotetraacético (EDTA). Con el cursor es posible conocer el valor de  $\text{pK}'$  en algún valor de pH, al posicionarse sobre el gráfico.

En la Figura 3 es posible ver un ejemplo más para el sistema de zinc (Zn) con EDTA, en este ejemplo se tienen las constantes globales de formación con  $\text{OH}^-$ , de las cuales, sólo se tiene el valor de  $\log\beta_1$ , la  $\log\beta_3$  y la  $\log\beta_4$ . El no tener la constante  $\log\beta_2$  (que indica que no hay valores reportados para este complejo  $\text{Zn}(\text{OH})_2$ ) no produce errores en el programa y puede, de igual manera, realizar el gráfico correspondiente. En este ejemplo, tampoco se tiene el valor de  $\text{pK}_b$  (MLOH) y de igual manera el programa funciona de manera adecuada, además de que los gráficos realizados coinciden con los reportados por Ringbom. Aunque, hasta el momento, se pueden realizar sólo diagramas para sistemas en donde está involucrada una sola molécula de M que reacciona con una sola molécula de L, se sigue realizando la compilación de las ecuaciones necesarias para poder involucrar reacciones en donde puedan reaccionar más de una molécula de M y L.

El programa puede ser descargado accediendo a la carpeta que contiene el programa de instalación usando el código QR de la Figura 4, se debe contar con el programa MATLAB 2023a instalado.



Figura 4. Código QR para el acceso a la carpeta contenedora.

## Conclusiones

Fue posible realizar la compilación de las ecuaciones responsables para la construcción de los DZP, según la metodología de Ringbom, en el programa MATLAB. Se logró desarrollar un programa para la construcción del DZP usando la plataforma de MATLAB y puede ser utilizado por cualquier usuario familiarizado con la metodología de Ringbom y con el uso de MATLAB.

## Agradecimientos

Los autores agradecemos a los siguientes programas: UNAM-PAPIIT IA208221, IN221621 and IA209123 de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico, proyecto PIAPI2035 y Programa de Cátedras de Investigación CI2220 de la FES-Cuautitlán, UNAM. UNAM-PAPIME PE209023, PAPIIT IA202122.

## Referencias

- Eshkabilov, S. (2019). Beginning MATLAB and simulink: From novice to professional. In *Beginning MATLAB and Simulink: From Novice to Professional*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4842-5061-7>
- Eugeniy, E. M. (2018). Programming with MATLAB for Scientists. In *Programming with MATLAB for Scientists*. <https://doi.org/10.1201/9781351228183>
- Jiménez, A. Y. A. (2011). Material didáctico para la asignatura de Química Analítica Aplicada de las Licenciaturas en Farmacia y Bioquímica Diagnóstica. Tesis. UNAM.
- Maeder, M., & Neuhold, Y. M. (2007). *Practical data analysis in chemistry*. 326.
- Ringbom, A., & Montuenga, C. (1979). *Formación de complejos en química analítica* (C. Montuenga, Ed.). Alhambra.



Rojas, H. A. (1995a). El método de especies y equilibrios generalizados para el estudio de sistemas químicos en equilibrio bajo condiciones de amortiguamiento: teoría y algoritmos de los Diagramas de zonas de predominio. *Tesis. UAM*.

Rojas, H. A., Ramírez, M. T., & González, I. (1995b). Predominance-Zone Diagrams in Solution Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 72(12), 1099-1105.

Rojas, H. A., Ramírez, M. T., González, I., & Ibáñez, J. G. (1995c). Predominance-zone diagrams in solution chemistry: Dismutation processes in two-component systems (M-L). *Journal of Chemical Education*, 72(12), 1099–1105. <https://doi.org/10.1021/ed072p1099>

Rojas, H. A., Ramírez, M. T., González, I., & Ibáñez, J. G. (1992). Multi-dimensional predominance-zone diagrams for polynuclear chemical species. *Analytica Chimica Acta*, 259(1), 95–104. [https://doi.org/10.1016/0003-2670\(92\)85080-P](https://doi.org/10.1016/0003-2670(92)85080-P)

## VALORES INTERPOLADOS MEDIANTE UN MÉTODO MATRICIAL PARA MATERIALES DE REFERENCIA

Gabino Estevez-Delgado<sup>1\*</sup>, Joaquin Estevez-Delgado, Ximena Ramos-Zamora<sup>2</sup> y Ángel Hernández-Montiel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

<sup>2</sup>Centro de Innovación y Desarrollo Agroalimentario de Michoacán

\*[gabino.estevez@umich.mx](mailto:gabino.estevez@umich.mx)

### Resumen

Ligado a la referencia ISO 17025, aplicable a los laboratorios acreditados para realizar ensayos o calibraciones a nivel internacional en México, se requiere el cumplimiento de las normatividades nacionales lo que genera una serie de requisitos tanto de carácter metrológico legal como científico. De los laboratorios secundarios, cuyo requisito es cumplir con la referencia ISO 17025, deben cumplir con la trazabilidad al Sistema Internacional de Unidades. Así mismo, con los servicios de calibración mantienen esa trazabilidad, que de acuerdo con la ley de grandes números requieren únicamente del error de medición y la incertidumbre, mismos que se reportan en los certificados de los materiales de referencia. Sin embargo, no siempre los laboratorios que prestan sus servicios de calibración acreditados ante el organismo acreditador tienen patrones de referencia que les permitan comparar valores para poder prestar sus servicios. Una forma de sortear la imposibilidad de generar la trazabilidad es la interpolación. Los certificados de calibración requieren entregar valores tanto de incertidumbre y de errores de medición, lo que requiere analizar ambos valores al mismo tiempo. En el presente trabajo se consideraron calibradores de materiales ópticos, siendo necesario un análisis de estos parámetros conjuntos, lo que en primera instancia requiere un análisis polinomial para la absorbancia o transmitancia. Lo más representativo que se requiere en el análisis conjunto de valores es el error de medición e incertidumbre, considerando el número de inflexiones en las curvas polinomiales. El impacto en este análisis repercutió en el aumento en los de grados de libertad y con ello mejores parámetros de normalidad en

los resultados, particularmente de importante condición en los materiales de referencia ópticos.

**Palabras clave:** Material de referencia, interpolación, certificados de calibración, modelo lineal.

## Introducción

Cuando hablamos de servicios de calidad de manera inmediata viene a nuestra mente la generación de la variabilidad más mínima posible. El concepto de la calidad moderno define que la calidad es inversamente proporcional a la variabilidad, lo que implica que una pequeña variabilidad podrá generar una buena calidad, en tanto, si la variabilidad crece, la calidad disminuye. Este concepto de la relación inversa nos conduce a la búsqueda de técnicas que permitan mejorar la variabilidad, con lo que incorporan otra serie de conceptos estadísticos que apoyan a los aspectos metrológicos inherentes a los servicios (Montgomery, 2019).

Desde el punto de vista de la metrología científica, alrededor de la calidad, se encuentran dos conceptos: el primero de los conceptos es el de la homogeneidad, donde las mediciones indican que los materiales o los instrumentos mantienen mediciones con mínima variabilidad; el segundo concepto es el de isotropía, este ligado a la búsqueda de materiales que mantienen sus condiciones estables a lo largo del tiempo (Velychko & Gordiyenko, 2019).

Para poder generar materiales de referencia con características metrológicas buenas, tales como una buena homogeneidad e isotropía, requieren que al momento de la validación de la generación de materiales de referencia puedan tener las mejores condiciones (Dirección General de Normas, 2018a).

Aun cuando los materiales de referencia puedan cubrir algunos valores con trazabilidad al sistema internacional de unidades, difícilmente puede cubrir todos los valores que el mercado comercial puede requerir. Las necesidades del mercado, en cualquier magnitud, demanda muchos más valores que los que el sistema metrológico nacional de cualquier

país puede tener (Montgomery, 2019). A fin de garantizar la trazabilidad, además de la homogeneidad y la isotropía, se realiza un análisis sobre los materiales de referencia o los principios físicos de los materiales o de las leyes físicas que gobiernan los fenómenos del material (Dirección General de Normas, 2023).

Los servicios de calibración y caracterización que los laboratorios primarios o secundarios dan cumplimiento de la referencia ISO 17025 y dentro de los requisitos es garantizar la trazabilidad de las mediciones reportadas en un informe de calibración, para ello, se requiere tenga los valores reportados en su sistema (Dirección General de Normas, 2018b). Mientras los valores solicitados por algún cliente se encuentren dentro del alcance de los valores mantenidos por cada laboratorio, se puede recurrir a métodos de interpolación.

El recurso de la interpolación requiere considerar valores conocidos, generalmente, asociados al alcance de los valores trazables. Sin embargo, la interrogante es si el tratamiento de los datos puede heredar información conjunta, si pensamos que los valores dados deben responder al mismo tiempo tanto a la incertidumbre y a error de medición. Una alternativa útil es la interpolación matricial a fin de evaluar al sistema mismo, considerando la cercanía de los valores a interpolar Liu *et al.*, 2019).

## Objetivo

Obtener valores interpolados a partir de materiales de referencia conocidos, tomando en consideración el comportamiento polinomial, tanto para la incertidumbre y el error de medición, a fin de garantizar la trazabilidad de los valores al sistema internacional de unidades.

## Materiales y métodos

### Materiales

- Espectrofotómetro Cary 5000
- Material de referencia óptica neutra.

### Metodología

- Se considera el conjunto de valores reportados en el certificado de calibración trazables al sistema internacional de unidades.
- Dado que el valor reportado en los certificados no existe se recurre a la interpolación polinomial, considerando el comportamiento polinomial de los valores reportados alrededor del valor solicitado.
- Se evalúa con los valores conocidos, tanto de manera teórica o experimental a través de las mediciones realizadas en el espectrofotómetro, a fin de verificar que el algoritmo está funcionando de manera adecuada.

Las técnicas de interpolación generadas, como es el caso de método de mínimos cuadrados, parte de la idea poder optimizar el sistema más eficiente que permitan la homocedasticidad de las mediciones (Burden & Duglas, 2016).

Cada una de las ecuaciones que intervienen dentro de un sistema lineal está dada de la forma:

$$Y = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \dots + \alpha_k x_k + \varepsilon \quad (1)$$

al generalizarlo para construir un sistema podemos considerarlo, con  $n$  observaciones, independientes  $y_1, \dots, y_n$  de  $Y$ .

$$y_i = \alpha_0 + \alpha_1 x_{i1} + \alpha_2 x_{i2} + \dots + \alpha_k x_{ik} + \varepsilon_i, \quad (2)$$

donde  $x_{ij}$  es el valor de la  $j$ -ésima variable independiente para la  $i$ -ésima observación,  $i = 1, \dots, n$ .

Generalizando la ecuación (2) a una forma matricial podemos obtener las siguientes ecuaciones, tanto para los valores matriciales de la matriz  $x$  y de los vectores de los coeficientes del sistema y de los errores de la medición:

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}; \quad X = \begin{bmatrix} x_0 & x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1k} \\ x_0 & x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_0 & x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} \end{bmatrix}; \quad (3)$$

$$\alpha = \begin{bmatrix} \alpha_0 \\ \alpha_1 \\ \vdots \\ \alpha_k \end{bmatrix}; \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \vdots \\ \varepsilon_n \end{bmatrix};$$

Considerando el campo matricial de manera generalizada, esto puede ser expresado como:

$$Y = X\alpha + \varepsilon, \tag{4}$$

Tomando los valores considerados en la ecuación (3), con  $x_0 = 1$ , por otro lado, tomando en cuenta que el valor esperado para el valor del error este tiende a ser pequeño, por lo que podemos prescindir de él.

Así mismo, el sistema puede generalizarse al método matricial de tal forma que en la ecuación (4):

$$Y = AX \tag{5}$$

Al multiplicar por la matriz transpuesta de ambos lados de la ecuación (5) tenemos:

$$A^T Y = A^T A X \tag{6}$$

Al tomar en consideración que la matriz  $A^T A$  es cuadrada, esperamos que la matriz tiene inversa, por lo que podemos despejar  $X$ , al multiplicar por  $(A^T A)^{-1}$ , obtenemos:

$$X = (A^T A)^{-1} (A^T Y) \tag{7}$$

Tomando los siguientes valores de referencia.

**Tabla 1. Valores de referencia certificado (Elaboración propia).**

LONGITUD DE ONDA (nm)	INCERTIDUMBRE	ERROR
880.15	0.24	0.06
807.51	0.19	-0.19
741.19	0.19	0.59

685.70	0.20	0.75
586.63	0.18	0.70

Tomando la expresión para cada polinomio de cada longitud de onda, esta es dada como:

$$p(x) = a_{i0} + a_{i1}x + a_{i2}x^2 + a_{i3}x^3 + a_{i4}x^4 \quad (8)$$

Con  $i = 1, \dots, 5$ .

Por lo que se obtiene la siguiente matriz.

**Tabla 2. Valores obtenidos para la expresión polinomial (Elaboración propia).**

LONGITUD DE ONDA	INCERTIDUMBRE	ERROR	a0	a1	a2	a3	a4
880.15	0.24	0.06	1	880.15	774664.0225	681820539.4	6.00104E+11
807.51	0.19	-0.19	1	807.51	652072.4001	526554983.8	4.25198E+11
741.19	0.19	0.59	1	741.19	549362.6161	407182077.4	3.01799E+11
685.70	0.20	0.75	1	685.7	470184.49	322405504.8	2.21073E+11
586.63	0.18	0.70	1	586.63	344134.7569	201879772.4	1.18429E+11

## Resultados

Tomando como matriz A con los valores de los coeficientes de los polinomios, y los valores de la matriz Y como los valores conformados como la incertidumbre y error de medición. De tal forma que la solución obtenida se da como (Tabla 3).

**Tabla 3. Valores obtenidos para la solución interpolada (Elaboración propia).**

LONGITUD DE ONDA	VALOR PARA LA INCERTIDUMBRE	VALOR PARA EL ERROR
880.15	-6.286872406	1018.542113
807.51	0.027530651	-5.79200383
741.19	-3.87432E-05	0.012267655
685.70	1.81265E-08	-1.1458E-05
586.63	-8.37892E-14	3.97984E-09

Al sustituir el valor de la incertidumbre o error de medición para cada valor interpolado de la ecuación (8) se determina el valor incógnita.

## Discusión

Los valores encontrados por interpolación permiten determinar de manera inmediata los valores para el sistema considerado en los certificados, lo que ofrece la ventaja de poder entregar un valor conjunto. Puede adicionalmente generar alguna otra propiedad del material siempre y cuando los valores del material de referencia formen parte de un sistema normalizado, donde el error se minimice como parte del valor esperado en la reducción de los errores.

## Conclusión

Se observa que la obtención de valores interpolados por el método matricial, para el caso de materiales de referencia, supone una posibilidad en la evaluación de valores de manera dicotómica tanto para la incertidumbre como al error de medición. El propio Centro Nacional de Metrología llega a utilizar métodos para poder tener valores interpolados e inclusive valores extrapolados, acompañándolos de principios biológicos, físicos o químicos del fenómeno que acompaña al principio de medición (CENAM, 2004). Sean métodos de interpolación con algoritmos de una variable dependiente de otra variable, tal como el método de mínimos cuadrados, Newton, Newton-Lagrange siempre estará presente la convergencia numérica (Burden & Duglas, 2016). Aunado a lo anterior, surgen interrogantes de las interpolaciones cuando un valor interpolado depende de varias variables independientes. Un análisis matricial abre las posibilidades de manejar al mismo tiempo varias variables que, acompañado con métodos estadísticos, como el método de mínimos cuadrados, pueden generar buenos resultados. Como se observa en el estudio realizado, se puede obtener al mismo tiempo la obtención de error de medición e incertidumbre, pero deja abierta la posibilidad de analizar a la par valores de diferente característica para el material. Es importante resaltar que la valoración polinomial, expresada en la ecuación polinomial (8), debe ser considerada para una buena

aproximación de interpolación. En el caso del material se consideró un polinomio de grado cuatro, siendo clave para la obtención del modelo interpolante.

### Agradecimientos

Agradecemos el apoyo brindado por el laboratorio de Biofísica del Instituto de Física y Matemáticas de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Así como la Coordinación de Investigación Científica por los apoyos otorgados para llevar a cabo la investigación.

### Referencias

- Burden, R. L., & Douglas, F. (2016). *Análisis numérico*. Cengage Learning.
- Dirección General de Normas. (2003). *NMX-CH-140-IMNC-2002. GUÍA PARA LA EXPRESIÓN DE INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES*. IMNC.
- Dirección General de Normas. (2018 a). *NMX-EC-17034-IMNC-2018, "REQUISITOS GENERALES PARA LA COMPETENCIA DE LOS PRODUCTORES DE MATERIALES DE REFERENCIA (CANCELA A LA NMX-CH-164-IMNC-2012)"*. IMNC.
- Dirección General de Normas. (2018 b). *NMX-EC-17025-IMNC-2018. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración*. IMNC.
- Liu, Y., Du, H., Li, H., Li, F., & Sun, W. (2019). An improved method for parametric model order reduction by matrix interpolation. *Journal of Vibration Engineering & Technologies*, 7, 603-610.
- Montgomery, D. C. (2019). *Introduction to statistical quality control*. John Wiley & Sons.
- Velychko, O., & Gordiyenko, T. (2019). Metrological traceability at different measurement levels. In *Standards, Methods and Solutions of Metrology*. IntechOpen. *IntechOpen*.

## GUÍA BÁSICA PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO PARA SU CORRECTO FUNCIONAMIENTO

Ángel Raygoza-Trejo\*, Luis Alberto Parra-Oaxaca y Alejandra Sánchez-Barrera  
*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.*

\*[angel.raygoza@cuautitlan.unam.mx](mailto:angel.raygoza@cuautitlan.unam.mx)

### Resumen

El mantenimiento preventivo de las torres de enfriamiento ayuda a mantener funcionando de manera óptima el equipo y tener una mayor eficiencia en su proceso. Uno de los servicios auxiliares más importantes en la industria es el agua de enfriamiento, es uno de los medios útiles para la transmisión de grandes cantidades de calor generado en los procesos industriales, siendo uno de los servicios auxiliares más difundidos en la industria. Existen diferentes tipos de torres de enfriamiento, torres de tipo mecánico, torres de circulación natural. Estas torres, como cualquier otro equipo, requieren de un mantenimiento preventivo que asegure su correcto funcionamiento, parte de ese mantenimiento debe ir de la mano con una verificación de su funcionamiento. En muchas ocasiones, el escaso o nulo mantenimiento a las torres de enfriamiento provoca que el tiempo de vida sea corto. Lo básico del mantenimiento a las torres es evitar que haya suciedad, ya que puede ser muy dañino para el proceso; así mismo, descuidar estos detalles no nada más disminuye la eficiencia, sino también puede ocasionar problemas que superan el presupuesto de costos. Otro dato mucho más importante es cuidar la vida de los operarios que tienen contacto constantemente con las torres de enfriamiento, pues la falta de este mantenimiento preventivo puede ocasionar la proliferación de bacterias que en contacto con la misma torre o por contacto con el agua y/o aire producto del proceso puede tener consecuencias a los trabajadores. La propuesta de este trabajo es dar una guía básica para su mantenimiento preventivo para el correcto funcionamiento. El mantenimiento debe incluir la limpieza y desinfección de la torre, la sustitución si lo necesita de las piezas mecánicas y eléctricas, el análisis de la calidad del agua y la

aplicación de productos químicos para prevenir la proliferación de bacterias y hongos. El mantenimiento incluye los siguientes pasos: inspección visual, limpieza de la torre, reemplazar piezas dañadas, verificación de la calidad del agua, análisis microbiológicos, pruebas de rendimiento. Los beneficios directos al tener un programa de mantenimiento preventivo son: Aumentar la vida útil de la torre, ahorrar de energía y costos, reducir el riesgo de paros en su proceso, mejora de la calidad del aire, cumplimiento de las normativas de seguridad y salud en el trabajo, esta guía básica es para las torres que enfrían el agua.

**Palabras clave:** Mantenimiento, funcionamiento, rendimiento, limpieza.

## Introducción

El área de mantenimiento en cualquier área laboral es muy importante para asegurar que el proceso, equipo, instrumento en cuestión opere de manera correcta, evitando con ello los paros, la pérdida de materiales, tiempo, entregas, servicios, horas hombre. Los mantenimientos tienen varios tipos, los más comunes son: preventivos y correctivos, cada uno de ellos con un protocolo de trabajo, además actualmente están los predictivos, productivo total, cada uno de ellos con la premisa de mantener funcionado de manera correcta y segura el proceso o sistema y evitar o estar atentos a cualquier anomalía.

En los procesos industriales uno de los servicios más utilizados es el agua de enfriamiento, este servicio lo producen las torres de enfriamiento y a pesar de que puede ser un proceso simple, su operación y mantenimiento deber ser muy puntual para evitar cualquier situación tanto de la calidad del servicio, funcionamiento y lo más importante la seguridad del personal que está en contacto con el equipo. La vigilancia del funcionamiento de estos equipos puede variar un poco por su capacidad y tamaño, pero en esencia el objetivo final es conseguir y prolongar sus condiciones operativas manteniendo su eficacia.

Gran parte de estos equipos están instalados a la intemperie, lo cual hace más minucioso su mantenimiento, ya que son más vulnerables a los agentes externos que son variables, aire, humedad, calor, radiación y que pueden hacer más complicado su control.

El sustento de este trabajo es hacer énfasis en que se debe tener una guía básica para el mantenimiento preventivo de la torre de enfriamiento para su correcto funcionamiento.

Las torres de enfriamiento regulan el proceso de enfriamiento mediante la evaporación controlada, reduciendo así la cantidad de agua consumida. Esto se logra cuando a la gota que se pone en contacto con el aire, se le evapora la película exterior, requiriendo absorber calor para este proceso, el cual es tomado de la propia gota, enfriándola consecuentemente. Es decir, el enfriamiento se realiza tanto por calor sensible como latente.

### **Objetivo**

Proponer una guía básica de mantenimiento preventivo para la torre de enfriamiento para su correcto funcionamiento.

### **Desarrollo del tema**

La realización del mantenimiento preventivo en las torres de enfriamiento tiene un enorme impacto en el ahorro energético, pues tener funcionando los equipos limpios y en buen estado ayuda a lograr este objetivo. Ya que las incrustaciones que, aunque pueden verse leves en un tiempo, llegarán a ser de alto impacto tanto en la eficiencia y eficacia del producto que en este caso es el agua enfriada a la temperatura deseada que requiere el proceso.

El problema más crítico muy común las torres de enfriamiento son las incrustaciones que pueden presentar en los componentes de la misma: estructura principal de contención y soporte, el relleno o paquete de intercambio de calor (en torres de circuito abierto) o serpentín de intercambio de calor, generalmente en tubos lisos (en torres de circuito cerrado) que constituyen el corazón de la torre de enfriamiento, ya que son los componentes donde se realiza la transferencia de calor entre el agua y el aire.

Otro componente muy importante es el ventilador, este realiza el trabajo mecánico para forzar la evaporación del agua necesaria para realizar el enfriamiento, la elección de este depende del diseño para obtener mejor operatividad y mínimo consumo de energía eléctrica, pueden ser axial o centrífugo.

El otro componente es el sistema de distribución de agua a la torre, que son tubos y boquillas que permiten distribuir el agua a enfriar en el relleno o sobre el serpentín.

Un último y no menos importante es el separador de gotas, tiene la función de retener las gotas de agua, para evitar que sean arrastradas hacia afuera por el flujo del ventilador.

Como se puede observar uno de los factores más importantes a considerar en la guía básica del mantenimiento preventivo es la calidad del agua que se utiliza en el proceso de la torre de enfriamiento, el agua tiene en su naturaleza sólidos suspendidos, sales, microorganismos (cuando no está desinfectada) y justamente estos compuestos son los que durante su paso principalmente en el relleno o serpentín causan las incrustaciones que pueden ocasionar las siguientes fallas:

- Baja en la eficiencia de enfriamiento durante la transferencia de calor entre el agua y aire.
- Mayor consumo de energía.
- Contaminación y crecimiento de bacterias que pueden ser dañinas al contacto humano.

Un dato interesante es la elección del tipo de material para el relleno de la torre, cuando se tenga agua de calidad agresiva o ácida se debe utilizar acero inoxidable o fibra de vidrio, así mismo otro tipo de relleno pueden ser los antiincrustantes, canales verticales y los packs basados en el principio de arrastre de gotas.

Por lo tanto, el agua de alimentación a la torre se debe de considerar su calidad fisicoquímica para evitar la infiltración y depósitos de sales contenidas en el agua que permanecen disueltas y que van aumentando su concentración durante el proceso, además de la generación de contaminación biológica del sistema.

A continuación, se define los puntos que conforman la guía básica de mantenimiento preventivo para el correcto funcionamiento de la torre de enfriamiento (Tabla 1).

**Tabla 1. Guía básica de mantenimiento preventivo para la torre de enfriamiento.**

Tarea	Frecuencia
Realizar un balance de materia y energía en la torre de enfriamiento.	Mensual
Verificar que se mantengan limpios todos los componentes de la torre.	Mensual
Monitorear los parámetros eléctricos del motor del ventilador que estén dentro de los valores nominales de su funcionamiento.	Semanal
Monitorear la calidad del agua de alimentación de los siguientes parámetros: pH, dureza, conductividad de manera periódica.	Semanal
Verificar ausencia de fugas de agua en toda la torre de enfriamiento	Semanal
Verificar que en funcionamiento normal no se detectan ruidos o vibraciones anormales.	Trimestral
Verificar que no se detectan olores anormales	Trimestral
Verificar correcto estado de canales de distribución de agua en el interior de la torre.	Anual
Realizar inspección visual de válvulas manuales.	Anual
Verificar la alimentación eléctrica de alimentación al motor del ventilador y la bomba.	Mensual
Verificar nivel del agua en la torre de enfriamiento.	Diario
Verificar que los manómetros y termómetros funcionen correctamente.	Mensual
Verificar correcto estado y funcionamiento de los rotámetros.	Mensual
Realizar inspección visual de válvulas manuales.	Anual
Verificar la alimentación eléctrica de alimentación al motor del ventilador.	Mensual
Verificar nivel del agua en la torre de enfriamiento.	Diario

En la Figura 1 se muestra la torre de enfriamiento que se encuentra en la nave 1000 de Ingeniería Química, en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo 1.



Figura 1. Torre de enfriamiento, Nave 1000 Ingeniería Química.

### Conclusión

Mantener operando correctamente cualquier equipo, instrumento o proceso donde se lleve a cabo alguna operación unitaria, reacción química, estudio y/o alguna actividad industrial no es sencillo, se requiere de mucha capacitación, investigación, atención, información que ayude a conocer mejor el equipo en este caso el funcionamiento de la torre de enfriamiento, y así poder tener un panorama de lo que realmente se tienen que hacer para justamente mantener en buenas condiciones el equipo, esto nos lleva a cumplir con la calidad del producto así como la seguridad de los operarios.

### Agradecimientos

Agradecemos el apoyo recibido a la sección de Ingeniería Química por permitir operar y observar la torre de enfriamiento instalada en la nave 1000 de Ingeniería Química,



## Referencias

Renovetec-IRIM. Protocolo de Mantenimiento: Torres de refrigeración de tiro inducido.  
<http://www.renovetec.com/irim/14-revista-irim-6/287-protocolo-de-mantenimiento-torres-de-refrigeracion-de-tiro-inducido>

Torraval-Cooling. (2010). Mantenimiento preventivo de equipos de refrigeración.  
<https://www.torraval.com/mantenimiento-preventivo-de-equipos-de-refrigeracion/>

Perry, R. H. (2001). Manual del Ingeniero Químico. Uteha, 7<sup>a</sup> Edición, México. 818 pp.

## ENFERMEDADES DEL DURAZNO (*Prunus persica* L.) PRESENTES EN EL HUERTO FRUTÍCOLA DE LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN, UNAM

Dennise Cruz-Benitez\*, Martha Yolanda Quezada-Viay, Adolfo José Manuel Ochoa-Ibarra y Josefina Moreno-Lara

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

\*[denis.cruz3108@gmail.com](mailto:denis.cruz3108@gmail.com)

### Resumen

Las causas más comunes del desarrollo deficiente de las plantas de durazno y las pérdidas en la cosecha son los fitopatógenos. La superioridad de los hongos como agentes fitopatógenos se debe a sus cualidades, ya que tienen un gran poder de supervivencia, con un crecimiento muy acelerado y una reproducción explosiva. El durazno es la especie predominante en el huerto frutícola de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, en el que prevalece un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, a una altura de 2255 msnm. En años recientes, el cultivo de durazno ha presentado síntomas que denotan enfermedades relacionadas con agentes fúngicos. El objetivo de este trabajo fue identificar los hongos fitopatógenos del durazno (*Prunus persica* L.) presentes en el huerto frutícola en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Se recolectaron muestras de hojas, frutos y ramas de varios árboles, las cuales se cortaron de 1 cm aproximadamente, se desinfectaron en hipoclorito de sodio al 3%, posteriormente se hizo la micobiota en PDA, se identificaron los hongos con claves especializadas. Se registró la presencia de ocho hongos pertenecientes a los géneros: *Monilinia*, *Nigrospora*, *Botrytis*, *Alternaria*, *Sepedonium*, *Diplodia*, *Cladosporium* y *Colletotrichum*.

Los géneros que más afectan la producción del durazno son *Monilinia*, por su alta capacidad de supervivencia a temperaturas adversas, y *Alternaria*, por su acelerado crecimiento. A partir de estos resultados se puede hacer un manejo integral de

enfermedades que sea más adecuado al huerto y que este otorgue mejoras en la producción.

**Palabras clave:** Hongos fitopatógenos, *Monilinia* spp., *Alternaria* spp.

## Introducción

El durazno es un fruto que tiene gran demanda en México, el consumo anual de durazno por habitante es de 1.5 kg, ya que se consume en fresco y procesado (mermeladas, dulces, jaleas, jugos, almibares, pulpa concentrada y ates) (Procuraduría Federal del Consumidor, 2022).

En el 2022, México obtuvo una producción de 239 133.50 t de durazno con un rendimiento aproximado de 7.26 (udm<sup>2</sup>/ha) teniendo como resultado un valor comercial de \$ 2,674 700.86 pesos (SIAP, 2023).

Una gran parte de las enfermedades reportadas que afectan los cultivos con importancia económica son causadas por hongos, pueden provocar pérdidas importantes en el rendimiento y la calidad de los cultivos. Estos microorganismos disminuyen la vida útil de las plantas y limitan su producción y comercialización, causando grandes pérdidas económicas (Fagro, 2022).

La mayoría de las especies descritas de hongos, cerca de 80,000 a 120,000 son saprófitas y de ellas más de 8,000 producen enfermedades en plantas. Todas las plantas son atacadas por algún tipo de hongo (Agrios, 2014). Las principales enfermedades que afectan al cultivo de durazno son la podredumbre morena ocasionada por *Monilinia fructicola*, el torque o rulo ocasionado por *Taphrina deformans*, el plateado por *Chondrostereum purpureum*, tiro de munición causado por *Coryneum beijerinckii* y la bacteriosis ocasionada por *Xanthomonas arboricola* pv. Pruni (Gratacós, 2008; Mondino *et al.*, 2010).

El duraznero es el cultivo predominante en el huerto frutícola de la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán, que en años recientes, ha presentado síntomas que denotan enfermedades relacionadas con agentes fúngicos.

El presente trabajo busca identificar los géneros de los hongos presentes en el huerto para poder brindar información útil para el manejo, esto se realizará con validaciones generadas a partir de la esporulación de los hongos aislados.

## Objetivo

Identificar los hongos fitopatógenos del durazno (*Prunus persica* L.) presentes en el huerto frutícola en la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

## Materiales y métodos

### *Descripción de la zona de estudio*

La Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán se encuentra sobre la carretera Cuautitlán-Teoloyucan Km. 2.5, San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, Estado de México. Se encuentra entre las coordenadas 19.69 -99.18 a 2255 msnm.

### *Colecta de muestras*

Se realizó un recorrido en el huerto previo a la selección de las muestras, se observó que los individuos del huerto presentaban diferentes etapas fenológicas, por lo que se eligieron cinco árboles que tuvieran las mismas condiciones.

De cada individuo se recolectaron ramas con hojas y frutos que manifestaban síntomas de la enfermedad, se resguardaron en bolsas de papel y se refrigeraron. A continuación, se presenta la Tabla 1, donde se resume la información de los árboles que fueron muestreados.

**Tabla 1. Caracterización de las muestras**

Muestra	Coordenadas y Altitud	Variedad
---------	-----------------------	----------

---

1	19°41' 44.7"- 99° 11' 35.1" a	Oro
	Altitud: 2256 msnm.	
2	19° 41' 45.6"- 99° 11' 37.0"	Oro
	Altitud: 2259 msnm.	
3	19° 41' 45.7"- 99° 11' 37.7"	Criollo Prisco
	Altitud: 2257 msnm.	
4	19° 41' 45.8"- 99° 11' 37.4"	Criollo Prisco
	Altitud: 2257 msnm.	
5	19° 41' 45.7"- 99° 11' 36.2"	Criollo Prisco
	Altitud: 2257 msnm.	

---

### *Desinfección y siembra*

Se obtuvieron pequeños cortes de aproximadamente 1 cm de largo por 1 cm de ancho de hoja, fruto y tallo. Se desinfectaron superficialmente con una solución al 3% de hipoclorito de sodio durante 30 segundos y se sembraron en el medio PDA. Se colocaron cinco muestras de tejido vegetal por cada caja en ambiente estéril para evitar contaminación cruzada. Se sellaron con Parafilm y se incubaron a 25 °C durante 7 días.

### *Medio de cultivo*

El medio papa-dextrosa-agar (PDA), marca BD Bioxon, se preparó según las indicaciones de la formulación y se colocó en cajas Petri. Se esterilizó en autoclave a 120 °C durante 20 minutos, a 15lb de presión

### *Validaciones*

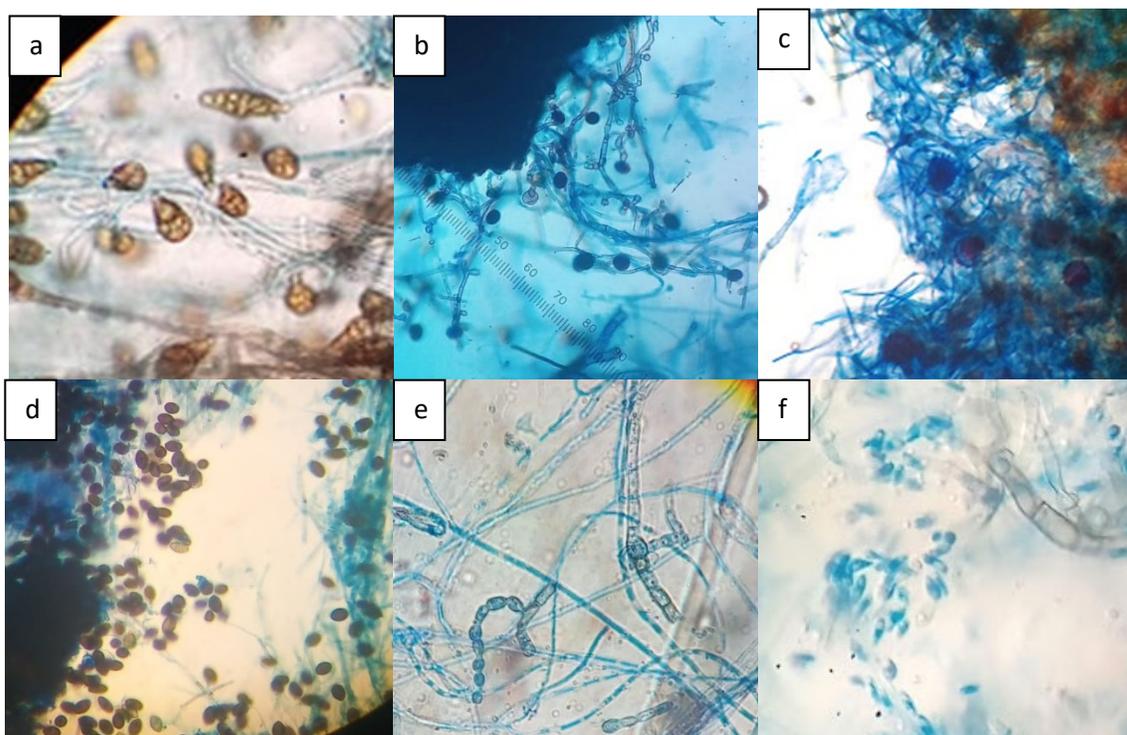
Después de siete días de incubación, los hongos se aislaron y se obtuvieron cultivos axénicos e identificaron por sus características morfológicas.

Se tomaron muestras de los cultivos axénicos, se realizaron preparaciones y se observaron en un microscopio óptico, observándose diferentes estructuras reproductivas que pertenecían a diversos géneros. Para la identificación de estos, se utilizaron las claves de Barnett y Hunter (1998).

## Resultados

Se identificaron ocho hongos pertenecientes a los géneros: *Monilinia*, *Nigrospora*, *Botrytis*, *Alternaria*, *Sepedonium*, *Diplodia*, *Cladosporium* y *Colletotrichum*.

A continuación, se muestran diferentes fotografías con estructuras de reproducción que pertenecen a los géneros identificados dentro del huerto Figura 1 (a-f).



**Figura 1. a) Obpiriformes con septos transversales y longitudinales pertenecientes a *Alternaria* (40 X). b) Conidióforos redondos con un color negro sólido, *Nigrospora* (40X). c) *Sepedonium*. d) Conidios de *Diplodia*, color marrón bicelulares (40X) e) conidios catenulados *Monilinia* (40X). f) *Colletotrichum* (40X).**

A continuación, se presentan la Tabla 2 con las observaciones por muestra, tiene información sobre la parte vegetativa a la que pertenece la muestra y los géneros encontrados en tallo, fruto y hoja.

**Tabla 2. Fitopatógenos encontrados en estructuras vegetativas de la planta.**

Estructura vegetativa	Muestra	Fitopatógenos
Tallo	M1	<i>Monilinia</i> .
	M2	<i>Monilinia</i> , <i>Nigrospora</i> , <i>Botrytis</i> .
	M3	<i>Monilinia</i> .
	M4	<i>Botrytis</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Monilinia</i> .
	M5	<i>Alternaria</i> , <i>Sepedonium</i> , <i>Nigrospora</i> .
Fruto	M1	<i>Alternaria</i>
	M2	<i>Nigrospora</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Monilinia</i> ., <i>Botrytis</i> , <i>Diplodia</i> .
	M3	<i>Alternaria</i> , <i>Cladosporium</i> , <i>Nigrospora</i> , <i>Monilinia</i> , <i>Botrytis</i> .
	M4	<i>Alternaria</i> , <i>Monilinia</i> , <i>Botrytis</i> .
	M5	<i>Monilinia</i> , <i>Alternaria</i> , <i>Nigrospora</i> , <i>Botrytis</i>
Hoja	M1	<i>Monilinia</i> , levadura
	M2	<i>Monilinia</i> , bacteria
	M3	<i>Monilinia</i> , <i>Nigrospora</i> , levadura
	M4	<i>Monilinia</i> , <i>Colletotrichum</i> ., bacteria
	M5	<i>Monilinia</i> .

## Discusión

Se observó mayor presencia de hongos en el fruto, esto puede deberse a las cualidades nutrimentales del fruto y condiciones ambientales de la región lo que favorece el desarrollo de los hongos.

Dentro del huerto se observó que los frutos presentan síntomas referentes a *Monilinia*, ya que en fruto se momifica, también tenían *Alternaria*, *Sepedonium*., *Nigrospora*, pero estos causan síntomas similares en el cultivo de durazno. Abata (2017) realizó una

identificación morfológica donde encontró los géneros *Monilinia* y *Alternaria*. en frutos de durazno. Por su parte, Albán y Quijía (2015) reportaron la presencia de los géneros *Alternaria* y *Cladosporium* en hojas de durazno.

No se pudo observar diferencias entre las variedades, cinco de oros y prisco, ambas variedades son susceptibles a hongos, ya que existe presencia de los mismos géneros de hongos. Durante las validaciones también se observó crecimiento de levaduras y bacterias

### Conclusión

La importancia de la identificación de los agentes causales de enfermedades en plantas radica en la importancia agronómica que estas tienen, la presencia de hongos merma significativamente los objetivos que se persiguen en cada plantación y la producción.

En el huerto frutícola de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, los géneros que más afectan la producción son *Monilinia* y *Alternaria*; *Monilinia*, por su alta capacidad de supervivencia a temperaturas adversas, y *Alternaria* por su acelerado crecimiento. A partir de estos resultados se puede hacer un manejo integral de enfermedades que sea adecuado al huerto y que este otorgue mejoras en la producción.

### Agradecimientos

A la Unidad de Investigación en Granos y Semillas por permitir el desarrollo de esta investigación dentro de sus instalaciones. Al proyecto PAPIME PE211222, por facilitar los insumos que se utilizaron en este trabajo. A Laura Daniela López Solís por su apoyo. A Minerva Edith Téllez Ordaz y Juan Roberto Guerrero Agama, por sus acertadas recomendaciones durante la planeación de esta investigación.

### Referencias

Abata, L. (2017). Identificación morfológica y molecular de hongos causantes de enfermedades postcosecha del durazno (*Prunus persica*) de la variedad Diamante” en la provincia de Pichincha. Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/12910>

Agrios, G. (2014). *Fitopatología*. Edit. Limusa. México.

Alaniz, S., Mujica, M.V., Canessa, S., Núñez, S., Leoni, C., Paullier, J., Maeso, T. D. C., S. & Mondino, P. (2010). *Manual del duraznero. Manejo integrado de plagas y enfermedades*. (2023, agosto 27). Recuperado de <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/2796/1/18429300810095644.pdf>

Alban, A., & Quijía, C. (2015). Aislamiento e identificación de hongos fitopatógenos de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), rosa (*Rosa sp.*) y durazno (*Prunus persica*). Recuperado de <https://baixardoc.com/preview/aislamiento-eidentificacion-de-hongos-fitopatogenos-de-eucalipto--5d13d5fed4620>

Barnett, H., & Hunter, B. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi*. Amer Phytopathological Society.

Fagro. (2022). *Los hongos y bacterias de mayor importancia para los cultivos agrícolas*. Recuperado de <https://blogdefagro.com/2022/11/09/los-hongos-y-bacterias-de-mayor-importancia-para-los-cultivos-agricolas/#:~:text=Las%20enfermedades%20causadas%20por%20hongos,comercializaci%C3%B3n%20causando%20grandes%20p%C3%A9rdidas%20econ%C3%B3micas>.

Gratacós, E. (2008). *El cultivo del duraznero Prunus persica (L.) Batsch*. Apuntes para la Cátedra de Fruticultura de Hoja Caduca. Pontificia U. Católica Valparaíso. Fac. Agronomía. Recuperado de <https://biblioteca.org.ar/libros/211462.pdf>

Procuraduría Federal del Consumidor. (18 de julio de 2022). *Durazno. Terciopelo en tu boca*. Recuperado de <https://www.gob.mx/profeco/documentos/durazno-terciopelo-en-tuboca?state=published#:~:text=El%20consumo%20anual%20de%20durazno,de%20los%20chiles%20en%20nogada>.

SIAP. (2023). *Datos abiertos*. Recuperado de [http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos\\_a.php](http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos_a.php)

## ÍNDICE DE AUTORES

- Abel Zúñiga-Moreno, 13  
Adolfo José Manuel Ochoa-Ibarra, 246  
Adrián Ricardo Hipólito-Nájera, 221  
Alan Rodríguez-Martínez, 20  
Alejandra Sánchez-Barrera, 239  
Alin Miramontes, 169  
Alma Vázquez-Durán, 140  
Amanda López-Maya, 131  
Andrés Herrera-Vázquez, 149  
Ángel Hernández-Montiel, 231  
Ángel Isaías Lima-Gómez, 111  
Ángel Raygoza-Trejo, 239  
Angélica Espinoza-Godínez, 51, 61, 159  
Antonio Pavón-García, 13  
Blanca Estela Gómez-Luna, 179  
Carlos Gómez-García, 149  
Carmen Guadalupe Mondragón-Huerta, 20  
César Díaz-Pérez, 179  
Cristel Ximena Cortés-Valadez, 40  
Dante Rubén Vargas-Reséndiz, 20  
David Tinoco-Varela, 101  
Dennise Cruz-Benitez, 246  
Diana Laura Contreras-Reyes, 211  
Diego Sánchez-García, 91, 101  
Eduardo Iván Pérez-Gómez, 221  
Elva Bazán-Mora, 3  
Gabino Estevez-Delgado, 211, 231  
Gabriela Sánchez-Hernández, 3  
Gonzalo Hedain López-Mera, 91, 101  
Gustavo Mercado-Mancera, 131, 140  
Irving Aguilar-Hernández, 140  
Isaías Rafael Espinosa-Moreno, 111  
Jacqueline Zapata-Vázquez, 81  
Jaime Hinojosa-Torres, 91  
Jessica Annabel Páez-Arancibia, 51, 61  
Jesús Abraham Méndez-Albores, 121, 140  
Jesús Cruz-Guzmán, 61  
Jesús Jatzel Olvera-López, 111  
Jesús Moisés Hernández-Duarte, 61, 169  
Joaquín Estevez-Delgado, 211, 231  
Job Anastasio Zaragoza-Esparza, 149  
José Luis Garza-Rivera, 3, 51, 61, 159  
Josefina Moreno-Lara, 246  
Juan Carlos Ramírez-Granados, 179  
Juan Carlos Rueda-Jackson, 221  
Juan Espinosa-Rodríguez, 3, 61  
Juan Manuel Aceves Hernández, 169  
Juventino Barojas-Huerta, 30  
Laura Denise López-Barrera, 189, 201  
Lenin Sánchez-Calderón, 179  
Luis Alberto García-López, 91  
Luis Alberto Parra-Oaxaca, 239  
Margarita Micaela Zapata-Guerrero, 51  
María Cristina Julia Pérez-Reyes, 3  
María del Rosario Moya-Hernández, 221  
María José Montiel-Legorreta, 131  
María Teresa Mosqueda-Moreno, 40  
Mario Luis Chew-Hernández, 30  
Martha Yolanda Quezada-Viay, 246  
Mauricio Nahuam Chávez-Avilés, 179  
Maximiliano Ibarra-Barajas, 20  
Norma Rodríguez-Laguna, 221  
Octavio Elizalde-Solís, 13  
Oscar Sánchez-Baños, 71  
Patricia Castro-Moreno, 20, 179  
Patricia Ramírez-Noguera, 121, 189, 201  
Rafael Alejandro Rodríguez-Salazar, 189  
Raúl Dalí Cruz-Morales, 91, 101  
Raúl Gómez Gómez-Tagle, 30  
Ricardo García-Morales, 13  
Roberto Díaz-Torres, 121, 189, 201  
Rodolfo Gómez-Balderas, 221  
Rogelio Solís-Solís, 149  
Rosa Guadalupe Valadez-Olguín, 40, 61  
Saori Figueroa-Ochoa, 131  
Tatiana Navarrete-Castillo, 81  
Víctor Hugo Morales-Méndez, 101  
Ximena Hernández-Moncada, 201  
Ximena Ramos-Zamora, 211, 231  
Zaira Citlali López-Patricio, 140



---

**MEMORIAS DEL CONGRESO NACIONAL DE TECNOLOGÍA (CONATEC)**  
**Año 6, No. 6, septiembre 2023 – agosto 2024**

---



Esta obra electrónica se terminó de editar el 28 de octubre de 2023  
Tipografía Arial. Presentación en formato PDF. Cuautitlán Izcalli, Estado de México