



AÑO 6, No. 6, ENERO-DICIEMBRE 2022

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



CIENCIAS  
DE LOS  
ALIMENTOS Y  
AGROPECUARIAS

CIENCIAS  
BIOLÓGICAS

CIENCIAS  
DE LA  
INGENIERÍA Y  
FÍSICO-MATEMÁTICAS

CIENCIAS  
QUÍMICAS

CIENCIAS  
DE LA  
EDUCACIÓN,  
SOCIALES Y HUMANIDADES

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers  
Rector

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas  
Secretario General

Dr. Alfredo Sánchez Castañeda  
Abogado General

Dr. Luis Álvarez Icaza Longoria  
Secretario Administrativo

Dra. Patricia Dolores Dávila  
Aranda

Secretaria de Desarrollo  
Institucional

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

Universitaria

Dr. William Henry Lee Alardín  
Coordinador de la Investigación  
Científica

Dra. Guadalupe Valencia García  
Coordinador de Humanidades

Dra. Rosa Beltrán Álvarez  
Coordinadora de Difusión

Cultural

Mtro. Néstor Martínez Cristo  
Director General de

Comunicación Social

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLÁN

Dr. David Quintanar Guerrero  
Director

Dr. Benjamín Velasco Bejarano  
Secretario General

Dra. Susana Elisa Mendoza Elvira  
Secretaria de Posgrado e

Investigación

I. A. Laura Margarita Cortazar  
Figueroa

Secretaria de Evaluación  
y Desarrollo de Estudios

Profesionales

Lic. José Ricardo Carbajal Guevara  
Secretario de Atención a la

Comunidad

Lic. Claudia Vanessa Joachín  
Bolaños

Coordinación de Comunicación y  
Extensión Universitaria

Mtra. Emma Ruíz del Río

Departamento de publicaciones  
académicas

Comité Editorial

Dra. María Inés Jaramillo Gutiérrez

Dra. Alma Villaseñor Solís

Prof. Mg. Susana Rosa Castrogiovanni

Dra. Betzabé Maldonado Mera

Dr. Paul Vargas Jentzsch

Dra. Fabiola Méndez Arriaga

Dra. María Cristina López Méndez

Dr. Yasser Alejandro Chim Chi

Dr. Juan Carlos García Gallegos

Dra. Jacqueline Oliva Ramírez

Mtro. Salomón David Consuegra

Pacheco

M. en C. Alejandro de la Rosa Tilapa

Dra. Mayte Stefany Jiménez Noriega

Dr. Jorge Bello Domínguez

Dr. Julio César Botello Pozos

M. en C. Paola Edith Briseño Lugo

Dra. Alma Elisa Delgado Coellar

L.B.D. Josué Yasar Guerrero Morales

Mtra. Huberta Márquez Villeda

Dr. Julio César Morales Mejía

cDra. Selene Pascual Bustamante

Dra. Ma. Eugenia Ramírez Ortiz

Dr. Jorge Luis Rico Pérez

Dra. Francisca Alicia Rodríguez Pérez

Dr. Alejandro Torres Montúfar

Dra. Marina Lucia Morales Galicia

Dra. Gloria De Los Ángeles Zita Padilla

Dra. Alma Luisa Revilla Vázquez

Dra. María Andrea Trejo Márquez

Dra. María Gabriela Vargas Martínez

REVISTA DIGITAL INNOVACIÓN EN CIENCIA, TECNOLOGÍA Y EDUCACIÓN (ICTE) No. 6, Año 6, enero - diciembre 2022, es una publicación anual editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Alcaldía Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, a través de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (FESC), carretera Cuautitlán-Teoloyucan Km 2.5, San Sebastián Xhala, Cuautitlán Izcalli, C.P. 54714, Estado de México. Tel. 5558173478, <http://masam.cuautitlan.unam.mx/RevistaICTE/>, revista.ict@gmail.com. Editor responsable: Dra. María Gabriela Vargas Martínez. Certificado de Reserva de Derechos de Autor número: 04-2022-032315542200-102, ISSN en trámite ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número, Dra. María Gabriela Vargas Martínez, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campo uno, Av. 1 Mayo S/N, Col. Santa María Las Torres, Cuautitlán Izcalli, Estado de México, fecha de última modificación: 15 de diciembre de 2022.

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.

Diseño Editorial

Lic. DCV Vianey Guzmán Cano

Elementos gráficos

P. DCV Erika Eloisa Trejo Castro

Imagen de portada:

Rogelio Adrián Martínez Salas

Título: "Amalgama Futura"



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

# PRESENTACIÓN

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

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

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

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

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

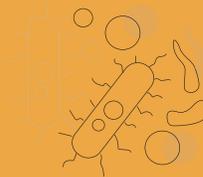
Esperamos que ICTE editada por la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de la Universidad Nacional Autónoma de México, sea un instrumento que fomente entre los lectores, la comunicación científica a través de la publicación de artículos de alta calidad, la internacionalización del conocimiento y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



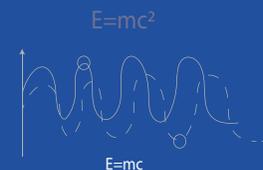
EFFECTO DE LA INCORPORACIÓN EN WAFFLES DE POLVOS DE CÁLIZ DE JAMAICA Y/O DE BAGAZO DE CERVEZA GASTADOS.....	16
<i>Karla Fabiola Romo Zamarron, Xochiketzalli del Carmen García Muñoz, Guillermo Ávila Ruvalcaba, Rosa Elena Ramírez Carrillo, Laura Eugenia Pérez Cabrera</i>	
EVALUACIÓN DE DOS DIFERENTES SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO EN LA CALIDAD DEL MAÍZ EN MICHOACÁN .....	25
<i>Miriam Y. Gaspar Ruiz, Wilmer Castillo Najar, Gerardo Vázquez Marrufo, Virginia A. Robinson Fuentes.</i>	
APLICACIÓN DE PRODUCTOS BIOLÓGICOS, BOTÁNICOS Y QUÍMICOS PARA EL CONTROL DE PULGÓN AMARILLO EN SORGO .....	36
<i>Benito García Gracia, José Francisco Díaz Nájera, Sergio Ayvar Serna, Manuel Alejandro Tejeda Reyes</i>	
DESARROLLO DE UN ALIMENTO FUNCIONAL A BASE DE HARINAS DE BERRIES.....	42
<i>Eva Guadalupe Murillo Delgado, Rafael Zamora Vega, José Octavio Rodiles López</i>	
EFFECTO DEL TRATAMIENTO DE ULTRASONIDO SOBRE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS Y FUNCIONALES DEL AGUA DE COCCIÓN DE GARBANZO (AQUAFABA).....	53
<i>Ximena Escobar Osornio, Ma. Andrea Trejo Márquez, Gabriela Hermosillo Moreno, Selene Pascual Bustamante</i>	
SECADO SOLAR DE CHILE HABANERO ( <i>Capsicum chinense</i> ) COMO ALTERNATIVA AL SECADO CONVENCIONAL.....	65
<i>Vilchis Aguilar Ayrton Abraham, Ma. Andrea Trejo Márquez, Gabriela Hermosillo Moreno, Selene Pascual Bustamante.</i>	
CONTROL QUÍMICO DEL PULGÓN VERDE ( <i>Aphis gossypii</i> ) EN CALABACÍN ( <i>Cucurbita pepo</i> ) .....	72
<i>José Francisco Díaz Nájera, Sergio Ayvar Serna, Mateo Vargas Hernández, Josué Pintor Alejo</i>	
CONTROL QUÍMICO DEL PULGÓN AMARILLO EN SORGO EN CONDICIONES DE INVERNADERO.....	77
<i>José David Rayo Servín, José Francisco Díaz Nájera, Sergio Ayvar Serna, Manuel Alejandro Tejeda Reyes, Maricela Apáez Barrios</i>	
MANEJO CON INSECTICIDAS DE MOSCA BLANCA ( <i>Bemisia tabaci</i> ) EN PLÁNTULAS DE MELÓN ( <i>Cucumis melo</i> ).....	82
<i>Jaimés Rodríguez Cesar Axel, José Francisco Díaz Nájera, Sergio Ayvar Serna, Manuel Alejandro Tejeda Reyes, Maricela Apáez Barrios</i>	



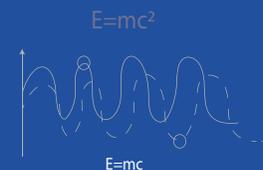
EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA IN VITRO DE <i>Trichoderma</i> spp., FITOEXTRACTOS Y FUNGICIDAS QUÍMICOS, CONTRA <i>Sclerotium rolfsii</i> Sacc.....	87
<i>Sergio Ayvar Serna, José Francisco Díaz Najera, Eva Beatriz Jiménez Kobs, Ulises Hernández Lucena</i>	
RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE TOMATE DE CÁSCARA EN DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.....	99
<i>Sergio Ayvar Serna, José Francisco Díaz Najera, Janio Ricardo Ochoa Bahena, Esteban Bravo Hernández</i>	
ALTERNATIVAS PARA DISMINUIR LAS POBLACIONES DE ÁFIDOS Y MOSQUITA BLANCA Y LA INCIDENCIA DE VIROSIS DEL JITOMATE.....	110
<i>Sergio Ayvar Serna, José Francisco Díaz Najera, Janio Ricardo Ochoa Bahena, Manuel Alejandro Andrade Castro</i>	
ANÁLISIS DE IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EN EL USO DE SUELOS DE PILCAYA, REGIÓN NORTE DE GUERRERO. ....	124
<i>Ernesto Escobar-Bahena, José Francisco Díaz-Nájera, Sergio Ayvar-Serna, Cesar Axel Jaimes-Rodríguez</i>	
EFFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE SPIROTETRAMAT SOBRE PULGÓN AMARILLO DEL SORGO EN EL NORTE DE GUERRERO .....	134
<i>Miguel Casarrubias-Barrios, José Francisco Díaz-Nájera, Sergio Ayvar-Serna, Ernesto Escobar-Bahena, Cesar Samuel Cruz-Lira</i>	
ESCUELA DE CAMPO PARA LA AGRICULTURA FAMILIAR EN TIEMPOS DE COVID-19: SALSA MEXICANA, FIBRA Y SEMILLA DE JITOMATE DESHIDRATADAS .....	139
<i>Matilde Réséndiz-Castro, Cristian Jiménez Martínez, Luis Jorge Corzo Ríos, Rosalba Zepeda-Bautista</i>	
<i>Trichoderma</i> sp., COMO AGENTE PROMOTOR DE CRECIMIENTO EN MAÍZ.....	146
<i>Alan Jetzael Zepeda Zuñiga, Emilio Raymundo Morales Maldonado, José Francisco Díaz Najera</i>	
APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE PIÑA ( <i>Ananas comosus</i> L.) PARA LA ELABORACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO CON USO EN ALIMENTOS.....	154
<i>Jorge Alberto Mendiola Cano, Ma. Andrea Trejo Márquez, Gabriela Hermosillo Moreno, Selene Pascual Bustamante</i>	



ESTUDIO MORFOMÉTRICO DE SEMILLAS DE VARIEDADES DE FRIJOL ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) .....	166
<i>Alejandra Bravo Solís, José Francisco Díaz Nájera, Sergio Ayvar Serna</i>	
EFFECTO GASTROPROTECTOR DE LOS PRODUCTOS DE LA COLMENA PARA SU APLICACIÓN EN MEDICINA VETERINARIA .....	171
<i>Regina Alvarez Espejel, Betsabé Rodríguez Pérez, Tonatiuh A. Cruz Sánchez</i>	
ESTADO NUTRICIONAL DE HABITANTES DEL ORIENTE DE MICHOACÁN CON Y SIN ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA .....	183
<i>Beatriz Cabezas Nuñez, Israel David Campos González, Sandra Edith López Castañeda, Virginia Angélica Robinson Fuentes</i>	
VALIDACIÓN DEL MÉTODO PARA EL DIAGNÓSTICO MOLECULAR DE SARS-COV-2 POR RT-qPCR PARA LA CREACIÓN DE UN LABORATORIO ACREDITADO EN PANDEMIA POR COVID-19 .....	191
<i>Susana Bernardo Hernández, Mónica Sierra Martínez</i>	
EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE OCRATOXINA A EN ALIMENTOS COMERCIALES EXTRUIDOS PARA PERROS .....	197
<i>Zaira Vianey Aguado Andrade, Virginia Angélica Robinson Fuentes</i>	
EFFECTO DEL TRANS RESVERATROL COMO AGENTE CARDIO-PROTECTOR DURANTE EL INFARTO AGUDO EN RATAS WISTAR HEMBRA .....	204
<i>Elizabeth Romero Monter</i>	
EFFECTO DE LA HIDRÓLISIS BÁSICA Y MEDIO ÁCIDO EN LA ESTABILIDAD DE OCRATOXINA A .....	212
<i>Citlalli Hurtado Martínez, Daniel Eduardo Espinoza Serrato, Miriam Yuritzi Gaspar Ruiz, Virginia Angélica Robinson Fuentes</i>	
DESCRIPCIÓN MORFOMÉTRICA DE PLANTAS DE SORGO ( <i>SORGHUM BICOLOR</i> L. MOENCH) EN ETAPAS INICIALES .....	218
<i>Uriel Felipe Tecomulapa Hernández, José Francisco Díaz Nájera, Sergio Ayvar Serna, Edgar Jesús Delgado Núñez, Cecilia Carranza Procopio</i>	



DISEÑO Y SIMULACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA DEL SISTEMA DE CONTROL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA UTILIZANDO PANEL BUILDER Y WONDERWARE .....	225
<i>Armando Flores Jaime, Zósimo Ismael Bautista Bautista, Luis Fernando Cardoso Reyes</i>	
DISPOSITIVOS INTELIGENTES PARA UNA FORMA DE ENSEÑANZA HIBRIDA EN INGENIERIA ELÉCTRICA.....	237
<i>Ángel Isaías Lima Gómez, Aldo Azael Oropeza González, Roberto Herrera Martínez, Elian Jesús Aguilar Víquez, Erika Denisse Cruz Martínez</i>	
PROCESO DE JERARQUÍA ANALÍTICA DIFUSA DE LA FAHP PARA LA TOMA DE DECISIONES CONFIABLES SOBRE EL SUMINISTRO DE ENERGÍA EN ÁREAS RURALES NO INTERCONECTADAS EN LA REGIÓN DEL CARIBE COLOMBIANO .....	246
<i>Christian Manuel Moreno Rocha</i>	
DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS DEL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA.....	267
<i>Christian Moreno Rocha, Jorge David Pertuz Ortiz</i>	
ACCIONES AGUA, PARA UN USO EFICIENTE.....	282
<i>Ángel Raygoza Trejo, Elisa Ortiz Hernández, José Arturo Martín Tereso</i>	
DISOLVENTES VERDES PARA EL DISEÑO DE UN PROCESO DE FRACCIONAMIENTO LIGNOCELULÓSICO.....	288
<i>Carlos Manuel Cruz-Segundo, Raymundo Sánchez-Orozco , Beatriz Timoteo-Cruz , José Juan García-Sánchez</i>	
OBTENCIÓN DE LAS CAÍDAS DE PRESIÓN COMO FUNCIÓN DEL FLUJO VOLUMÉTRICO EN UNA CELDA DE ELECTRODIÁLISIS MULTISTACK....	299
<i>Víctor Antonio Cedillo Montesinos, Francisca Alicia Rodríguez Pérez, Isidro Juvenal González Panzo, Eligio Pastor Rivero Martínez</i>	



AUTOMATIZACIÓN DE UN HORNO DE VULCANIZADO DE POLIURETANO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE .....	307
<i>Z. I. Bautista Bautista, O. A. González Vargas, A. González Flandez</i>	
IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA UN HORNO DE VULCANIZADO DE POLIURETANO .....	318
<i>Z. I. Bautista Bautista<sup>1</sup> O. A. González Vargas, A. H. González López</i>	
DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN EN EL ÁREA DE DISTRIBUCIÓN DE PAQUETERÍA EN EL PROCESO ADUANAL.....	326
<i>Adriana González Flandez, Zósimo Ismael Bautista Bautista, José Ángel Mejía Domínguez</i>	
AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DESPLUMADORA DE POLLOS MEDIANTE PLC Y SU INTERFAZ GRÁFICA.....	333
<i>Jessica Jaquelinne García Téllez, Zósimo Ismael Bautista Bautista, Armando Flores Jaime</i>	
AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA UTILIZANDO UN CONTROLADOR DE AUTOMATIZACIÓN PROGRAMABLE .....	342
<i>Armando Flores Jaime, Zósimo Ismael Bautista Bautista, José Ángel Mejía Domínguez</i>	



PREPARACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE SENSORES DE GASES BASADOS EN GRAFENOS FUNCIONALIZADOS .....	356
<i>Luz María García Rivera, Leonardo Rejón García, Juan Manuel Padilla Flores, Adriana Reyes Mayer</i>	
ESTABILIZACIÓN DE UN REACTOR ANAEROBIO CON LA CODIGESTIÓN DE RESIDUOS DE MARISCOS Y PESCADOS Y VINAZAS MEZCALERAS PARA LA PRODUCCION DE BIOGAS.....	367
<i>Kathia Amital Lemus Sagrero, Xóchitl Lucero Hernández Arroyo, Ma. del Carmen Chávez Parga, José Apolinar Cortés.</i>	
CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN PROTEICA DE EXTRACTOS CELULARES DE <i>SELENASTRUM CAPRICORNUTUM</i> CAPACES DE DEGRADAR BENZO(a)PIRENO.....	375
<i>Manuel Méndez García, Martha Patricia García Camacho</i>	
DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE AGENTE SUPRESOR DE IONIZACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE SODIO MEDIANTE EAA POR FLAMA.....	387
<i>Andrea Araiza Saldaña, Brenda Deyanira Encinas Rosales, Alma Luisa Revilla Vázquez</i>	
FENÓMENOS SUPERFICIALES E INTERACCIONES DE ÓXIDOS DE HIERRO/NANOTUBOS DE HALOISITA/TENSOACTIVO/PETRÓLEO .....	397
<i>Efrén Pérez Pérez, Yolanda Marina Vargas Rodríguez</i>	
PROTOTIPO PARA DEGRADACIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS A BASE DE CATALIZADORES FENTON SOPORTADOS EN CELULOSA.....	407
<i>José Alejandro Guzmán Sánchez, Juan Manuel Padilla Flores</i>	
EFFECTO DE LA FUERZA IÓNICA EN LAS DISOLUCIONES BUFFER ÁCIDO – BASE EMPLEADAS PARA EL CALIBRADO DE SONDAS POTENCIOMÉTRICAS COMERCIALES.....	415
<i>Ricardo Galdino Martínez Pérez, Esperanza Elizabeth Vilchis Barrera, Arturo de Jesús García Mendoza, José Alejandro Baeza Reyes, Joan Albert Sánchez Cabeza.</i>	



IMPLEMENTACIÓN DE VALORACIONES POR TITULACIÓN VOLUMÉTRICA COMO EJERCICIOS DOCENTES DE QUÍMICA ANALÍTICA EN LA FES CUAUTITLÁN. MICROESCALA VS. INSTRUMENTAL PROFESIONAL ..... 425  
*Alan Alejandro Icaza Mendoza, Samuel Alejandro Carrasco Alonso, Alejandro Baeza Reyes, Arturo de Jesús García Mendoza*

ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES EN AGUAS RESIDUALES MEDIANTE UN PROCESO ELECTRO- FENTON DE CARBÓN ..... 438  
*Cinthia Michelle Beristain Cuahua, María Sherlyne Martínez Miranda, Moisés Amado Cabrera Cruz, Deyanira Martínez Romero, Juan Manuel Padilla Flores*

USO DE UN EXTRACTO DE SEMILLA DE AGUACATE PARA LA OBTENCIÓN DE QUITOSANO A PARTIR DE SACCHAROMYCES CEREVISIAE: UNA ALTERNATIVA AMIGABLE CON EL AMBIENTE..... 448  
*Abrahan Gonzalo Gordillo Rodríguez, Andrés Portilla Martínez, Guillermo Ceballos Reyes, Nayelli Nájera García, Miguel Ángel Ortiz Flores*

ESTUDIO COMPUTACIONAL EN LA EVOLUCION DEL MECANISMO DE REACCIÓN BLUM-ITTAH: CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES ELECTRÓNICAS Y CARACTERIZACION DE LOS ESTADOS DE TRANSICIÓN. .... 456  
*José Guillermo Penieres Carrillo, Rodolfo Gómez Balderas, Luis Antonio Martínez Arellano, Fernando Ortega Jiménez, Gina Adriana Villegas Peña, José Guadalupe García Estrada*

ESTUDIOS *IN SILICO* DE LA ACTIVIDAD MODULADORA CANALES DE CALCIO DE CIANOIMINOPIRIMIDINAS CON LA ENZIMA 3LV3..... 466  
*José Guillermo Penieres Carrillo, José Guadalupe García Estrada, Rodolfo Gómez Balderas, Luis Antonio Martínez Arellano, Hulme Ríos Guerra, León Daniel Ponce Pérez, Fernando Ortega Jiménez.*

DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS CON UN GRUPO TIOL EN MEDICAMENTOS Y SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA VISIBLE..... 473  
*Jaqueline Fernández Durán, Alma Luisa Revilla Vázquez, Pablo Hernández Matamoros*



IMPLEMENTACIÓN DE UN MÉTODO POR CROMATOGRAFÍA DE GASES PARA LA DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES EN FLUIDO RUMINAL .....	483
<i>Oscar Mario Moreno Bernal, Pablo Hernández Matamoros, Alma Luisa Revilla Vázquez</i>	
ESTUDIO PRELIMINAR DEL POTENCIAL CATALÍTICO DE UN COMPLEJO CICLOPALADADO CNS DERIVADO DE UNA ARILHIDRAZONA EN LA REACCIÓN DE ACOPLAMIENTO MIZOROKI-HECK .....	491
<i>Alberto Reyes Deloso, José Guillermo Penieres Carrillo, Fernando Ortega Jiménez</i>	
DETERMINACIÓN DE MERCURIO EN MATERIA PRIMA Y MEDICAMENTOS MEDIANTE LA FORMACIÓN DEL DITIZONATO, EN MEDIO CLOROFORMO.....	501
<i>Luis Arturo Caballero Montesinos, Alma Luisa Revilla Vázquez, Pablo Hernández Matamoros</i>	
REMOCIÓN DE COBRE PRESENTE EN SOLUCIÓN ACUOSA POR MEDIO DE ADSORCIÓN, EMPLEANDO ÓXIDO DE GRAFENO Y ÓXIDO DE GRAFENO FUNCIONALIZADO CON EDTA .....	511
<i>Mónica González Castañeda, Jairo Ismael Ruiz Jimenez, Verónica Janette Cedeño Garcidueñas, Claudia Palomares Rodríguez</i>	
VALIDACIÓN DE LOS MÉTODOS A MICROESCALA PARA LA DETERMINACIÓN DE CLORUROS Y CLORO RESIDUAL Y SU COMPARACIÓN CON LAS DETERMINACIONES CLÁSICAS DE LAS NORMAS .....	519
<i>Leonardo García Melo, Julio Cesar Morales Mejía, María Gabriela Vargas Martínez</i>	
VALIDACIÓN DE LOS MÉTODOS A MICROESCALA DE DUREZA Y ALCALINIDAD EN AGUA POTABLE Y SU COMPARACIÓN CON LOS MÉTODOS DE LAS NORMAS.....	531
<i>Julieta Arreola Delgado, Julio César Morales Mejía, María Gabriela Vargas Martínez</i>	



ESTUDIO DE LA INCLUSIÓN DE DIFLUNISAL EN 2-HIDROXIPROPIL- $\beta$ -CICLODEXTRINA Y  $\beta$ -CICLODEXTRINA MEDIANTE TITULACIÓN DE CALORIMETRÍA ISOTÉRMICA Y MODELADO MOLECULAR.....543

*Efraín Bruno Aguilar Zarate, Cesar Omar Nevares Negrete, León Daniel Ponce Pérez, Emir Alejandro Galván García, Norma Rodríguez Laguna, Rodolfo Gómez Balderas*

QUÍMICA VERDE EN LA SINTESIS DE UN LIGANTE TRIDENTADO (C,N,N) DERIVADO DE UNA BENCILFENILHIDRAZONA Y SU REACCIÓN DE ORTO-PALADACIÓN .....552

*Arturo De La Luz Mendoza Cortés, Alberto Reyes Deloso, José Guillermo Penieres Carrillo, Fernando Ortega Jiménez*

EL USO DE HERRAMIENTAS VIRTUALES COMO COMPLEMENTO DE LA INVESTIGACIÓN EN LA EVOLUCIÓN QUÍMICA.....564

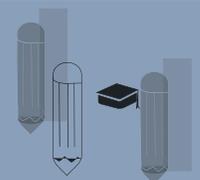
*Jorge Ulises López Pérez, Laura Beatriz Salazar Nieva, Claudio Alejandro Fuentes Carreón, Alejandro Heredia Barbero*

NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC OBTENIDAS MEDIANTE SÍNTESIS VERDE Y EVALUACIÓN DE SU ACTIVIDAD BACTERICIDA.....573

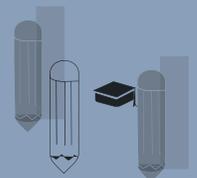
*Erick Domínguez López, Guadalupe Luna Cedillo, Josué Uriel Montaña Martínez, Víctor David Rosas Bravo, Octavio Maldonado Saavedra, Juan Manuel Padilla Flores*

DETERMINACIÓN DE SILICIO EN HULE POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN MOLECULAR EN EL VISIBLE.....583

*Alonso Méndez Victor, Pablo Hernández Matamoros, Alma Revilla Vazquez*



EMOCIONES Y SALUD DURANTE LA COVID-19: ¿QUÉ NOS DICEN LOS DOCENTES DEL COLEGIO DE BIBLIOTECOLOGÍA Y ARCHIVOLOGÍA DE LA UNAM?.....	590
<i>Angélica María Rosas Gutiérrez, Angélica Guevara Villanueva</i>	
DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DIGITALES COMO FORTALECIMIENTO DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA DE BIOQUÍMICA PARA MVZ .....	602
<i>Ana Elvia Sánchez-Mendoza, Rosa Isabel Higuera-Piedrahita, Héctor Alejandro de la Cruz Cruz, Silvia Leticia Bonilla Orozco, Francisco Javier Cervantes Aguilar, Juana Alicia Alquicira Camacho, Ernesto Valencia Gutiérrez, Jaime Arturo Fernández Alquicira, José Francisco Montiel Sosa</i>	
GAMIFICACIÓN APLICADA EN EL DESARROLLO DE UN VIDEOJUEGO 2D COMO ESTRATEGIA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL .....	607
<i>Danilo Alejandro Soria Maldonado, Sara Marina Haro Loor</i>	
UN ENFOQUE INTEGRAL CONTRA EL PLAGIO EN LA EDUCACIÓN UNIVERSITARIA.....	614
<i>Juan Carlos García Rodríguez</i>	
EXPERIENCIA DOCENTE Y EL IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE DOS ESTRATEGIAS BAJO DIFERENTES ENFOQUES DIDÁCTICOS: AULA INVERTIDA Y GAMIFICACIÓN .....	621
<i>Heidi Nopal Guerrero, Alonso Escalante Reynoso</i>	
EL TIEMPO, UN RECURSO NO RENOVABLE .....	632
<i>Patricia Vilchis Esquivel, Verónica Vilchis Esquivel, Gloria Ortega Santillán</i>	
ACCIONES PARA ALCANZAR LA EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, UNA APROXIMACIÓN .....	642
<i>Raúl Alberto López Meraz, Óscar Fernando López Meraz, Eduardo Castillo González, Miguel Ángel Baltazar Zamora</i>	

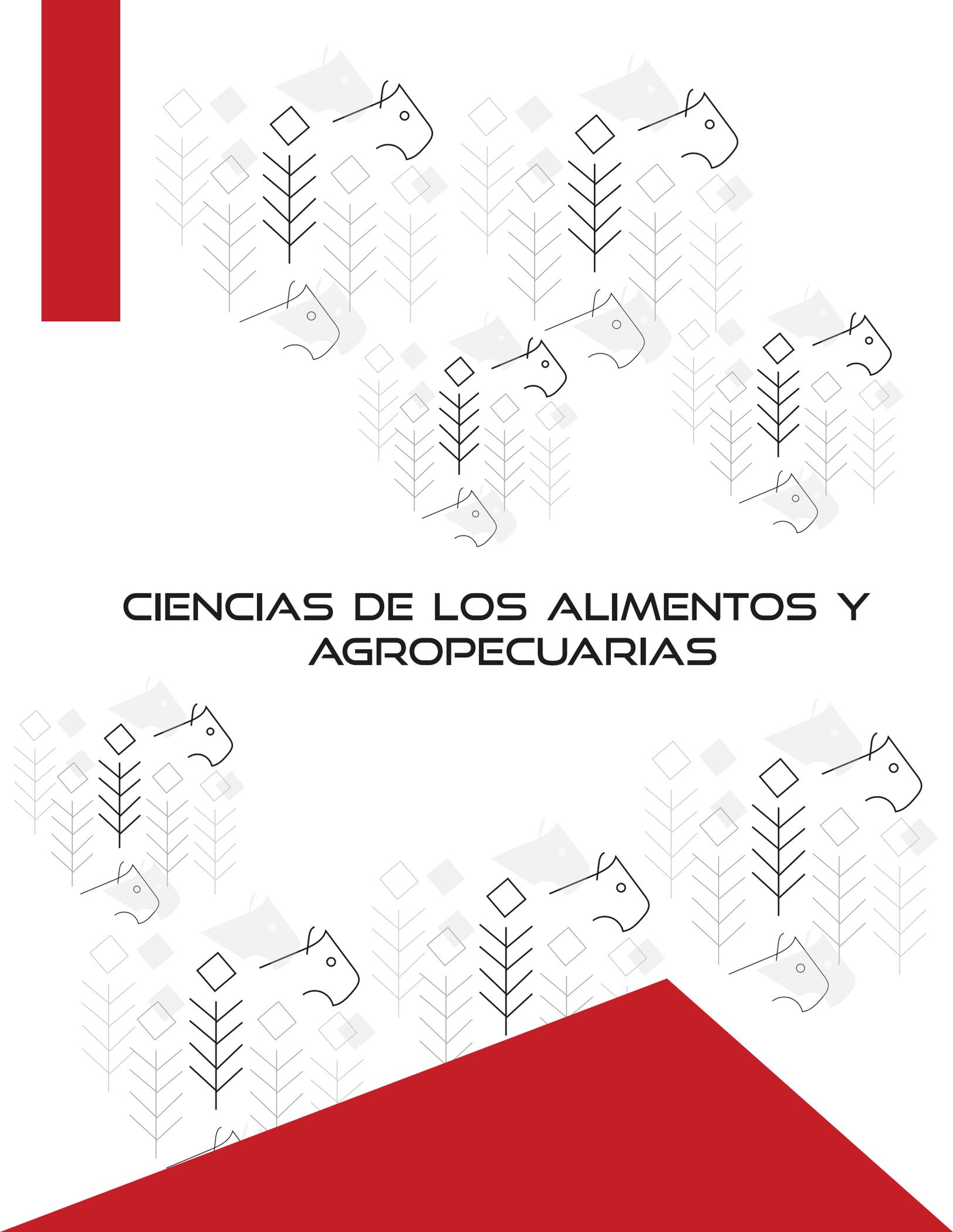


LA PROCRASTINACIÓN EN LOS NIVELES MEDIO SUPERIOR Y SUPERIOR DE EDUCACIÓN DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO EN EL SEMESTRE 2022B.....654

*Verónica Vilchis Esquivel, Patricia Vilchis Esquivel, Ramiro Eduardo Muñoz Ferreyro*

ESTRUCTURACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DEL CÁLCULO DE CONCENTRACIONES DE DISOLUCIONES USANDO GAMIFICACIÓN A NIVEL MEDIO SUPERIOR .....663

*Cruz Hernández Erica Elizabeth, Castillo Rodríguez Miriam Aide*



# CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS Y AGROPECUARIAS



# EFECTO DE LA INCORPORACIÓN EN WAFFLES DE POLVOS DE CÁLIZ DE JAMAICA Y/O DE BAGAZO DE CERVEZA GASTADOS

*Karla Fabiola Romo Zamarron, Xochiketzalli del Carmen García Muñoz, Guillermo Ávila Ruvalcaba, Rosa Elena Ramírez Carrillo, Laura Eugenia Pérez Cabrera\**

*Departamento de Ciencias de los Alimentos, Universidad Autónoma de Aguascalientes  
karla.romo@edu.uaa.mx \* eugenia.perez@edu.uaa.mx*

## Resumen

Se evaluaron las características fisicoquímicas, de composición y sensoriales por la sustitución con jamaica gastada (WJG), bagazo de cerveza (WBC) y una mezcla de jamaica gastada/bagazo de cerveza (WJGBC) en waffles. Se formularon waffles: formulación control (WC) y formulaciones con sustitución: WJG: 5%; WBC: 40%; y WJGBC: 35% y 5% respectivamente. El % de fibra dietética total y proteína es significativamente menor para muestras control con respecto a muestras sustituidas, presentando un mayor contenido para las muestras WJGBC. Para %H, aw, color y textura se presentaron diferencias significativas entre WC y las muestras sustituidas ya que estas fueron menos luminosas, de saturación baja (opacas), con tonos dorado-marrón (WBC), y dorado con tonos violáceos (WJG y WJGBC), en textura presentaron menor firmeza y fragilidad. El análisis CATA permitió vínculos entre productos y atributos. Es posible la incorporación de los subproductos, ayudando a incrementar el %FDT y el %P con una aceptación por parte de consumidores.

**Palabras clave:** Jamaica Gastada, Bagazo de Cerveza, Waffles, Proteína, Fibra Dietética, Análisis CATA

---

## Antecedentes

La industria alimentaria genera un gran número de subproductos que contienen sustancias de interés nutrimental, funcional y tecnológico que pueden ser beneficiosas para su posterior uso, especialmente como ingredientes en alimentos funcionales. En la actualidad la recuperación de sustancias a partir de subproductos agroalimentarios es una tendencia, debido al impacto positivo en el medio ambiente, la salud humana y la viabilidad económica del proceso de producción. La actitud de los consumidores hacia esta inclusión o sustitución en los alimentos que contienen o incluyen en su formación sustancias o ingredientes recuperados es positiva y por lo tanto el desarrollo de la recuperación de subproductos está en constante aumento (Helkar et al., 2016). Los waffles son productos a base de harina de trigo que se pueden tomar como pan, postre o comida precocinada similar a un pastel. Frecuentemente están disponibles con variedad de toppings en restaurantes y cadenas de comida rápida. En general, los waffles están elaborados con harina de trigo, huevos, azúcares y grasas, sin embargo, estos productos generalmente son nutricionalmente deficientes, con alto contenido calórico y con bajo contenido fibra dietética, minerales esenciales y proteínas (Huber & Schoenlechner, 2017). La harina de trigo se puede reemplazar con otras harinas o sólidos para reducir gluten y para influir en el color, el sabor o la textura. Además, la reformulación de productos mediante la sustitución de ingredientes nutritivos puede hacer que los waffles sean más saludables con un enfoque sostenible.

La producción de cerveza sólo se aprovecha el 8% de los componentes del grano, con lo que el 92% se obtiene como subproducto (BC). El BC es un material lignocelulósico con 20% de proteína, 70% de fibra, principalmente celulosa, polisacáridos y lignina (Santos et al., 2003; Mussatto et al., 2006). Por otro lado la parte que más se aprovecha de la planta de jamaica es el cáliz o flor, en México es consumida tradicionalmente como extracto acuoso para preparar bebidas refrescantes, y en menor medida todo el caliz en mermeladas, jaleas, licores, harinas para galletas, entre otros. Es evidente que la flor de jamaica, así como sus extractos, poseen propiedades funcionales que tienen la capacidad de proveer beneficios a la salud del ser humano, lo anterior debido principalmente a su gran aporte de compuestos bioactivos

## Objetivo

El objetivo fue evaluar características fisicoquímicas, de composición y sensoriales ocasionado por la sustitución con polvos de: jamaica gastada (WJG), bagazo de cerveza (WBC) y una mezcla de jamaica gastada/bagazo de cerveza (WJGBC) en waffles

## Parte experimental

### Obtención de los polvos de jamaica gastada y de bagazo de cerveza.

Los calices gastados de jamaica y el bagazo de cerveza, se deshidrataron por aire caliente forzado (Excalibur Parralex) a una temperatura de 57°C por 8h, se sometieron a molienda (Oster, 6832) y posteriormente se tamizaron (Tamizadora, Quimilab; Tamices, Flicc. S.A de C.V), durante 30 min. De esta manera se obtuvieron polvos de jamaica gastada (JG) y bagazo de cerveza (BC) con un tamaño de partícula <180 µm.

### Formulación y producción de waffles

Se partió de una formulación control (WC) con los siguientes ingredientes: harina de trigo (33.59 %), azúcar (1.79 %), lecitina (1.12 %), royal (0.67 %), sal (0.34 %), maltodextrina (0.67 %), agua (43.67 %) aceite (5.38 %) y huevo (12.67 %). Para formular los waffles sustituidos, se les sustituyó la harina de trigo por: polvos de jamaica gastada en un 5% (WJG); polvos de bagazo de cerveza en un 40% (WBC); y una mezcla de JG y BC en un 35% y 5% respectivamente (WJGBC). Posteriormente se mezclaron los ingredientes por 6 min con una batidora de mano (Sundean, 2470), posteriormente se colocaron porciones de 50 g de las mezclas en la waflera (Cuisinart, WAF-F30ES) para someterlas a cocción por 6 min. Los waffles obtenidos de todas las formulaciones se dividieron en dos lotes uno de ellos se almaceno en refrigeración: (4°C) y el otro en congelación (-20°C), para su posterior análisis.



**Figura 1.** Formulación de waffles con sustitución con polvos de jamaica gastada en un 5% (WJG); polvos de bagazo de cerveza en un 40% (WBC); y una mezcla de JG y BC en un 35% y 5% respectivamente (WJGBC).

## Análisis químico proximal y propiedades físicas

Se determinó el contenido de humedad (%H) por método gravimétrico de secado en estufa (Felisa, 120 UAC) siguiendo el método 44-15.02 (AOAC 1984); el contenido de proteína (%P) mediante el análisis elemental de nitrógeno proteico (Método 46-16.01; AOAC, 1984), donde, se siguió la metodología de Dumas (LECO, FP-528). También se determinó el contenido total de fibra dietética total (%FDT), utilizando el método gravimétrico enzimático con el kit de Sigma Aldrich (TDF100A-1KT). Todos los resultados fueron expresados en porcentaje. Se evaluó el efecto de las temperaturas de almacenamiento: congelación y refrigeración, sobre las propiedades de los productos para ello se evaluó por triplicado la actividad de agua ( $a_w$ ) con un Decagon Pawkit (P205148). Se les midió el color con un colorímetro (Konica Minolta Sensing Americas, Inc., CR-400, Japón), empleando el iluminante D65 observador 2° para obtener las coordenadas CIE-L\*C\*h\*. Donde L\* es la diferencia entre la luz (L\*=100) y la

oscuridad ( $L^*=0$ );  $C^*$  es la coordenada croma, que es la distancia perpendicular desde la luminosidad; y  $h^*$  es el ángulo de tono expresado en grados, se realizaron diez mediciones a cada muestra. El análisis de la textura se llevó a cabo 5 días después de la elaboración de los waffles (forma: circular, diámetro: 22 cm y altura: 1.5 cm), a una temperatura de 20 °C utilizando un texturometro (Stable Micro System, TA-XTplus, UK). Para ello, se realizó un Análisis de Perfil de Textura (TPA): dureza, fragilidad, elasticidad, cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia, usando una placa de compresión (P/75, diámetro: 75 mm), se realizaron cinco mediciones por muestra.

### **Análisis sensorial**

Se utilizó el método Todo aquello que aplica al producto (Check-All-That-Apply CATA) se generaron Veintiséis términos CATA y 38 panelistas no capacitados seleccionaron todos los términos de CATA que consideraran apropiados. El análisis CATA se llevó a cabo en el software XLSTAT statistical.

### **Resultados y conclusión**

En la Tabla 1, se pueden observar los resultados obtenidos de contenido de proteína y FDT, donde existieron diferencias significativas entre las muestras control (%FDT:  $2.7 \pm 0.3$ ; %P:  $6.546 \pm 0.169$ ) y las muestras sustituidas, presentando un mayor contenido de proteína y FDT las muestras WJGBC (FDT:  $15.28 \pm 0.5$ ; %P:  $9.6 \pm 0.3$ ). Chaitra et al. 2020 reportaron valores similares en el contenido de proteína, pero utilizando mijo africano, mientras que el contenido de FDT que obtuvieron fue similar a los WC y WJG, pero no a los WBC y WJGBC ya que estos presentaron casi el triple de FDT.

Tabla 1. Contenido de proteína y fibra dietética total en los waffles

Muestra	Proteína	FDT
WC	6.28 ± 0.17a	2.70 ± 0.01a
WJG	8.50 ± 0.06b	5.84 ± 0.11b
WBC	8.71 ± 0.15b	12.42 ± 0.05c
WJGBC	9.63 ± 0.10c	15.69 ± 0.08d
<b>Anova</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.0001</b>

En el ACP se logró observar que las componentes uno (CP1) y dos (CP2) con valor propio de 5.90 y 3.45, representaron el 49.2% y el 28.7% de la variabilidad total, respectivamente. Las componentes con valores propios  $\geq 1$  se consideraron valiosas, ya que explican al menos tanta varianza como una sola variable (Cattell, 1966; Jolliffe, 2002). La combinación de estas dos componentes por medio de un Biplot de Forma Multivariante de Ordenación pudo explicar el 77.9 % de la variabilidad acumulada de las variables (Figura 2), y se consideró que esto era suficientemente alto para una diferenciación confiable entre las características de los waffles, proporcionando la capacidad de agrupar a los waffles en grupos en función de la similitud de sus características.

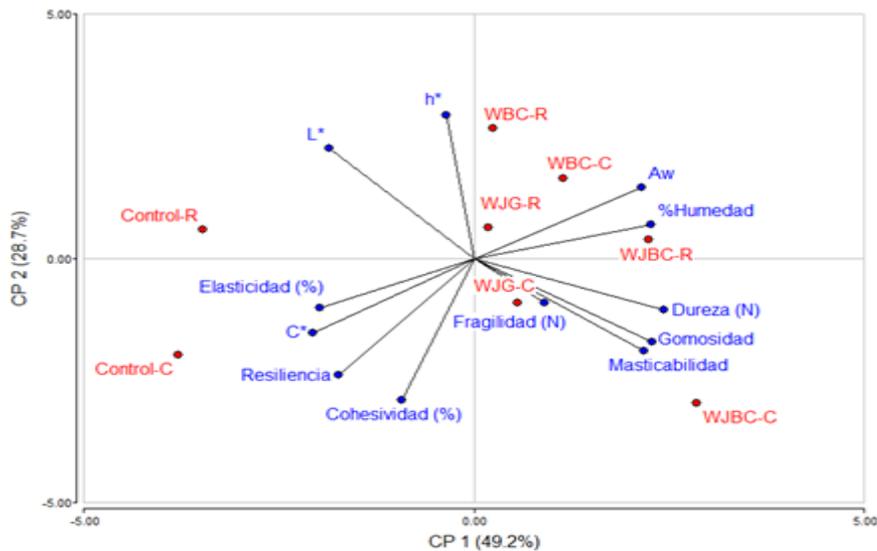


Figura 2. Biplot de Forma Multivariante obtenido del ACP

En la Figura 2, se puede observar que los tratamientos más afines a cada variable se localizan más cerca de la flecha que representa a dichas variables, para el caso de WC-R y WC-C se puede observar que se agrupan presentando una mayor cohesividad, elasticidad y resiliencia. Las muestras sustituidas se agrupan presentando un mayor %H y de aw. Para color y textura se presentaron diferencias significativas entre WC y las muestras sustituidas ya que estas fueron menos luminosas, de saturación baja (opacas), con tonos dorado-marrón (WBC), y dorado con tonos violáceos (WJG y WJGBC). Para textura se observó que las muestras sustituidas presentaron una mayor dureza, gomosidad y masticabilidad, presentando valores más altos las muestras WJGBC, de igual manera se pudo observar que la temperatura de almacenamiento influyo sobre las propiedades de textura ya que las muestras congeladas presentaron mayores valores. Chaitra et al. en 2020 reportaron valores similares al sustituir waffles con mijo africano, puesto que el contenido de fibra proporciona una mayor firmeza y gomosidad.

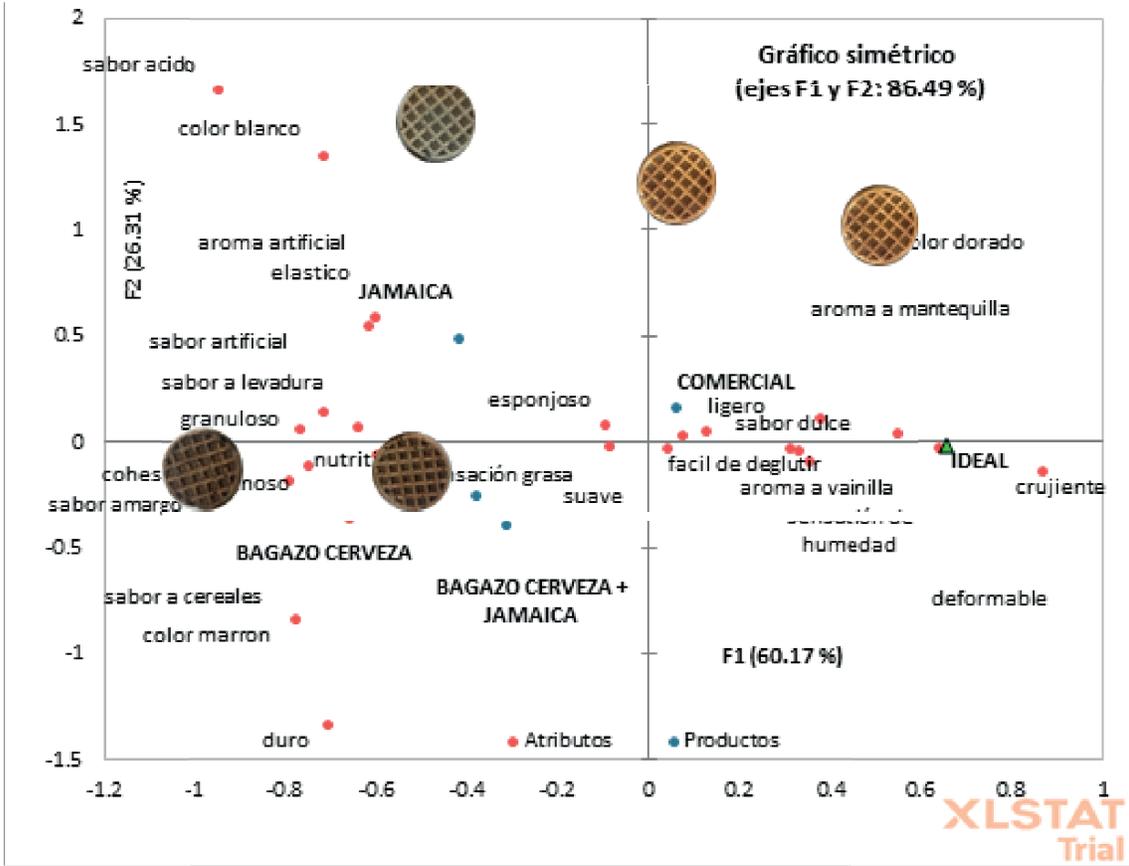


Figura 3. Biplot el 86.48% de varianza total: asociaciones entre los tipos de waffles y los atributos sensoriales

En la Figura 3. el análisis CATA permitió visualizar los vínculos entre productos y atributos, así como calcular índices de similitud entre consumidores. Un biplot explica el 86.48% de varianza total, ilustra asociaciones entre los tipos de waffles y los atributos sensoriales. Las preguntas de CATA discriminaron efectivamente entre los waffles en cuanto a sus características sensoriales. La prueba Q Cochran reveló que los panelistas percibieron e identificaron 13 diferentes atributos en waffles en función de su sustitución.

## **Conclusiones**

Es posible la incorporación de los subproductos de bagazo de cerveza y de flor de jamaica gastada en waffles, incrementando el %FDT y el %P. Sin embargo, el producto sufre cambios en sus propiedades de H%, aw, color y textura con la adición de los polvos. Estos cambios podrían ser beneficios ya que conservan propiedades que son apreciables por el consumidor según lo indico el análisis sensorial CATA. Las preguntas de CATA discriminaron efectivamente entre los waffles en cuanto a sus características sensoriales

## **Agradecimientos**

Al Programa de Investigación en Alimentos (PIAL) de la Universidad Autónoma de Aguascalientes por el financiamiento otorgado.

## Referencias

- Helkar, P.B., Sahoo, A.K., Patil, N.J. (2016). Food industry by-products used as a functional food ingredients. *Int. J. Waste Resour*, 6, 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.003>
- Huber, R., & Schoenlechner, R. (2017). Waffle production: Influence of batter ingredients on sticking of fresh egg waffles at baking plates—Part I: Effect of starch and sugar components. *Food Science & Nutrition*, 5(3), 504–512 <https://doi.org/10.1002/fsn3.424>
- Jolliffe, I. T. (2002). *Principal component analysis* (2nd ed.). New York: Springer-Verlag.
- Cattell, R. B. (1966). The Scree test for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research*, 1245–276.
- Chaitra, U., Abhishek, P., Sudha, M.L., Vanitha, T., Crassina, K. (2020). Impact of millets on wheat based Belgian waffles: Quality characteristics and nutritional composition. *Food Science & Technology*, 124, 109-136

# EVALUACIÓN DE DOS DIFERENTES SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO EN LA CALIDAD DEL MAÍZ EN MICHOACÁN

*Miriam Y. Gaspar Ruiz,<sup>1</sup> Wilmer Castillo Najar<sup>2</sup>, Gerardo Vázquez Marrufo<sup>3</sup>,  
Virginia A. Robinson Fuentes<sup>4\*</sup>.*

*Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez",  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; 0850422x@umich.mx*

*<sup>2</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; ironwil\_16@hotmail.com*

*<sup>3</sup>Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia,  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; gvazquez@umich.mx*

*<sup>4\*</sup> Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez",  
Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; virginia.robinson@umich.mx*

## Resumen

En Michoacán, el 90% de los municipios cultivan maíz bajo el esquema de la agricultura familiar, en ocasiones insuficiente para mantener la integridad de los granos almacenados permitiendo la proliferación de microorganismos como hongos y bacterias. Los hongos filamentosos causan deterioro en los granos de maíz almacenados como pérdida de la viabilidad y vigor, pudrición, etc.; esto ocasiona pérdidas económicas y riesgos para la salud de los consumidores. En este trabajo se analizaron los efectos deletéreos sobre los granos causados por los hongos en granos de maíz almacenado por agricultores familiares y un silo metálico galvanizado proporcionado por los autores, en las localidades de Umécuaro y el Zapotillo, Michoacán. El promedio de daño asociado a hongos en el Zapotillo fue de 5.15% para el almacén y 4.97, para el silo. El promedio de germinación fue 90.75% y 94.45%, respectivamente. En Umécuaro se encontró un promedio de daño de 5.14% para el almacén y 4.9% para el silo metálico. El porcentaje de germinación fue 89.15% y 91.95%, respectivamente. El vigor de la semilla se mantuvo por arriba del 90% de germinación en ambas localidades. Se observan mejores valores de daño, vigor, germinación usando el silo metálico en ambas comunidades, aun cuando no hubo diferencias significativas. La incidencia de especies fúngicas fue más baja en los silos metálicos de ambas comunidades.

**Palabras clave:** Maíz, calidad, almacenamiento, Michoacán, vigor, germinación, daño.

---

## Antecedentes

Frecuentemente, los costos de producción, las plagas, enfermedades y fertilización del cultivo acaparan la atención de los productores, mientras que los sistemas de almacenamiento postcosecha empleados no son eficientes para prevenir el daño mecánico en los granos, las plagas o la aparición de microorganismos como bacterias y hongos y las consecuencias derivadas de estos. A nivel mundial, se reportan pérdidas en el periodo postcosecha que van del 5 a 15% en los países desarrollados y del 20 al 50% en los países en vías de desarrollo. En México, la mayoría de los pequeños agricultores tienen problemas durante la postcosecha reportando casi la mitad de las pérdidas, entre el 10 y el 40%, a causa de un manejo deficiente y la nula asistencia técnica, aun cuando se destina sólo al autoconsumo (García-Lara y Bergvinson, 2007). En el estado de Michoacán, el 90% de los municipios llevan a cabo el cultivo de maíz bajo los esquemas de la agricultura familiar; esto es debido a que la distribución porcentual de la superficie agrícola de acuerdo con el potencial productivo se mantiene entre las categorías medio alto (SAGARPA, 2012). Los granos de maíz presentan diversas enfermedades y daños en el periodo post cosecha, las cuales provocan baja productividad y representan un factor en contra de la utilización de variedades criollas y nativas, puesto que, al bajar la viabilidad y vigor de la semilla, el productor ha optado por adquirir semillas comerciales que garantizan una mejor producción. Los organismos causantes de enfermedades en el cultivo del maíz son muy variados e incluyen diversas especies de hongos, bacterias, virus e insectos, iniciando el proceso de invasión por la presencia de daños físicos que derivan en infecciones desde el endospermo del grano hacia el embrión (León-Torres, 2017). Los daños en los granos de maíz por especies fúngicas pueden ser de naturaleza bioquímica y estructural (pigmentación, decoloración, pudrición, hedor o mal sabor); sin embargo, las pérdidas en la producción de maíz relacionadas con la contaminación por hongos involucran daños como la reducción del poder germinativo, ennegrecimiento parcial y total y como consecuencia, la pérdida de viabilidad de la semilla (Bhattacharya y Raha, 2002).

## Objetivo

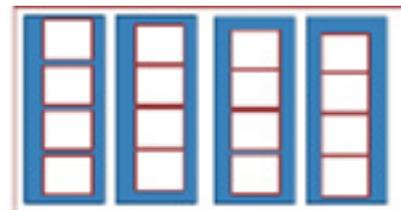
Determinar la incidencia de hongos, así como el daño causado por los mismos en muestras de maíz de almacenes de dos localidades contrastantes de Michoacán en donde se práctica la agricultura familiar y de autoconsumo.

## Parte experimental

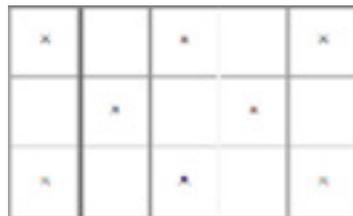
Las muestras de maíz fueron recolectadas de las localidades de Umécuaro y Zapotillo, Michoacán; en el periodo comprendido de noviembre del 2017 hasta julio del 2018, en ambas localidades de estudio. Se proporcionó un silo galvanizado a cada productor en cada una de las comunidades el cual se construyó siguiendo las indicaciones del manual para la fabricación de silos metálicos galvanizados de la FAO (2014). Las dimensiones del silo fueron de 1.25 m de alto por 0.79 m de diámetro y el volumen de almacenamiento fue de 500 L (Fig. 1).



**Figura 1.** Silo metálico (FAO, 2014).



**Figura 2.** Vista superior de los transeptos para la toma de muestras de granos de maíz durante el periodo de cultivo.



**Figura 3.** Toma de muestras de cereales almacenados a granel en bodegas o almacenamientos en intemperie. Vista superior. (NOM-251-SSA1-2009).

Se realizó toma de muestra durante el cultivo, almacenamiento y secado del maíz. Las parcelas de cultivos se dividieron en 4 cuadrantes estableciéndose 4 transectos en cada uno de ellos. Se tomó una mazorca al centro de las líneas imaginarias de cada cuadrante, dando un total de 16 mazorcas colectadas por parcela, para cada mes, en cada una de las localidades de estudio (Fig. 2). Dentro de los almacenes se ajustaron las metodologías atendiendo a la distribución de las unidades de almacenamiento (Fig. 3) y el tipo de unidad de almacenamiento. Las muestras compuestas de granos de maíz se transfirieron al Laboratorio de Desarrollo Analítico en bolsas ziploc® nuevas, previamente desinfectadas con alcohol y expuestas a luz UV por 20 min.

## Resultados

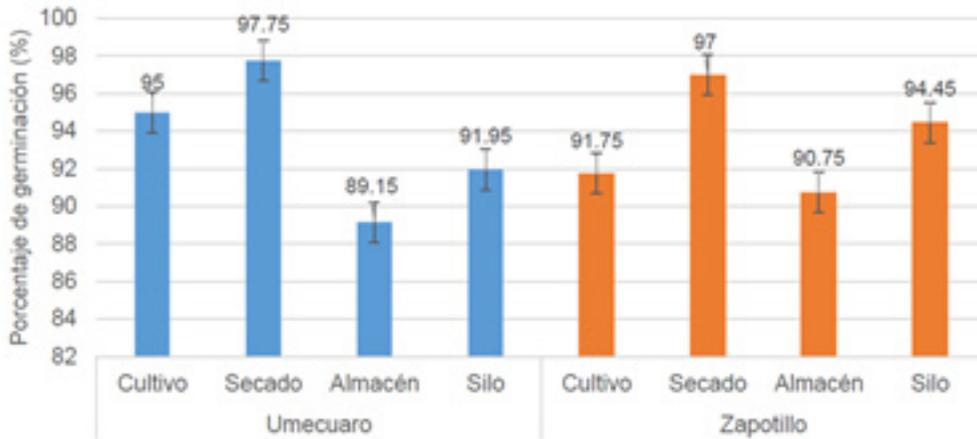
### Daño asociado a hongos.

El promedio de daño para la localidad de Zapotillo fue de 6.57% durante el periodo de cultivo, 1.33% durante el periodo de secado de los granos y en el periodo de almacenamiento fue de 5.15% en los almacenes locales de los productores familiares y 4.97% en el silo metálico proporcionado; mientras que en la localidad de Umécuaro fue de 25.6%, 2% y de 5.14% en los almacenes locales de los productores familiares y 4.9% en el silo metálico proporcionado, respectivamente. Durante el periodo de almacenamiento de los granos se observó menor porcentaje de daño en los silos herméticos metálicos mientras que en el período de cultivo presentaron los mayores porcentajes de daño en ambas localidades, esto demuestra que el aumento del porcentaje de daño en los granos tanto en campo como en almacén aumenta en relación al tiempo. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los niveles de daño en los sistemas de almacenamiento.

### Germinación de los granos de maíz

Durante el periodo de cultivo el porcentaje promedio de germinación de las semillas de maíz en Zapotillo fue de 91.75% mientras que en Umécuaro fue de 95%. Durante el periodo de secado de los granos de maíz el porcentaje aumentó, obteniendo 97.75% de germinación en Umécuaro y 97% en Zapotillo. En Umécuaro el porcentaje de germinación durante el periodo de almacenamiento fue de 89.15% en los almacenes familiares, mientras que en el silo proporcionado presentó un promedio de 91.95%, en la localidad de Zapotillo el promedio de germinación fue de 90.75% en los almacenes

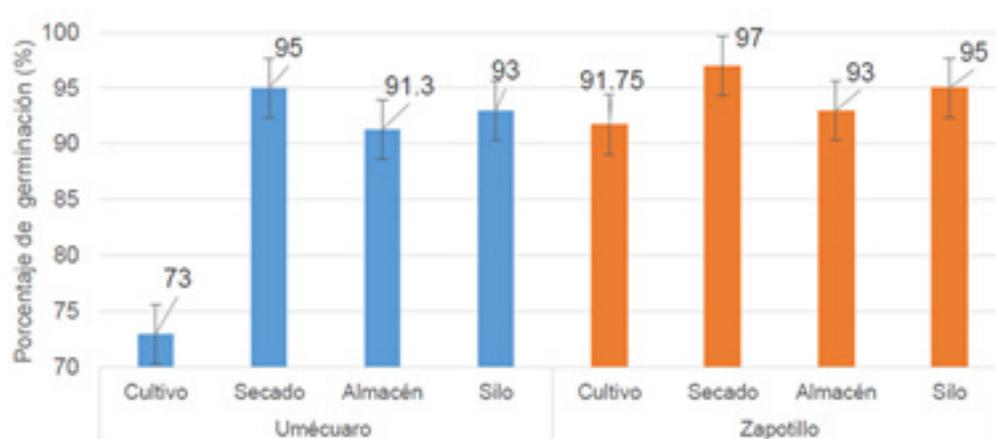
locales y de 94.45% en los silos proporcionados. Las diferencias entre los sistemas de almacenamiento locales y los silos metálicos proporcionados en la localidad de Umécuaro y Zapotillo no fueron significativas (Fig. 4).



**Figura 4.** Porcentaje promedio de germinación de los granos de maíz en las comunidades de Umécuaro y el Zapotillo.

### Vigor de las semillas de maíz

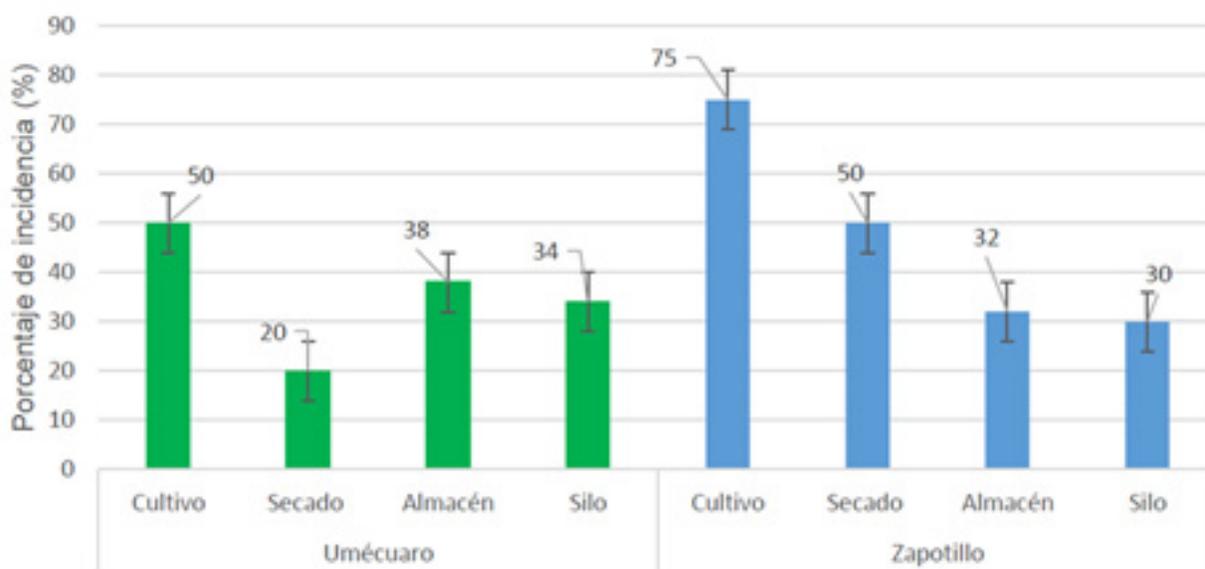
En la localidad de Zapotillo se encontró una germinación relacionada al vigor de 91.75%, en comparación con la presentada en la localidad de Umécuaro que fue del 73%. Durante el periodo de secado se presentó un aumento en el vigor, encontrando porcentajes de germinación de 97% y 95%, respectivamente. Durante los meses del periodo de almacenamiento, el vigor de la semilla se mantuvo por arriba del 90% de germinación en ambas localidades. En Umécuaro, de 91.3% en los almacenes locales y de 93% en el silo proporcionado. En la localidad de Zapotillo, el promedio fue de 93% para silos locales y 95% en silos metálicos. Los silos metálicos permitieron conservar un mayor porcentaje de germinación relacionada al vigor, aunque estadísticamente estas diferencias no son significativas (Fig. 5).



**Figura 5.** Porcentaje de germinación promedio relacionado al vigor de las semillas de maíz en la localidad de Umécuaro y zapotillo.

### Incidencia de especies fúngicas

La incidencia de especies fúngicas durante el periodo de almacenamiento fue más baja en los silos metálicos de ambas comunidades, en la localidad de Umécuaro hubo una diferencia de 4% en comparación con los almacenes locales, mientras que en la comunidad de Zapotillo la diferencia fue del 2% (Fig. 6).



**Figura 6.** Promedio del porcentaje de incidencia de hongos en las localidades de estudio.

## Discusión

Los porcentajes de daño encontrados en las comunidades evaluadas en el presente trabajo permanecen dentro de los intervalos recomendados de 5% al 10% reportados por Pingali y Pandey (2001) como límites de daño en semillas de maíz latinoamericano; sin embargo, no se reporta nada sobre el tipo de maíz y el sistema de cultivo. Según la clasificación de la calidad de maíz en la norma oficial mexicana NMX-FF-034-1995 en la que se establecen las especificaciones con las que debe contar el maíz (*Zea mays* L.) para la comercialización dentro del territorio nacional, en ambas localidades se tienen granos de maíz en categoría “México 1”. Esta es la categoría en la que el daño promedio se encuentra por debajo del 3%. Los porcentajes de daño presentados en este estudio durante el periodo de almacenamiento son más bajos que los reportados por García-Leaños et al. (2007) quienes encuentran un promedio de daño de hasta 25% en granos de maíz almacenados en sistemas locales improvisados en el estado de Guanajuato. En el estudio de Rosas et al. (2007) se reportan porcentajes de daño de hasta 45% en almacenes de maíz criollo. Aunque fuera de México, es interesante contrastar los resultados aquí encontrados con los de De Groot et al. (2013) para maíz africano proveniente de granjas con almacenes tradicionales, en donde los daños de la semilla alcanzan el 80%. Los valores de germinación en ambas localidades de estudio fueron bajos durante el periodo de cultivo en comparación con los demás estadios. En el almacén, los porcentajes de germinación fueron mayores a los obtenidos por González-Cortés et al. (2016), quienes reportan porcentajes de germinación de  $81 \pm 12\%$  en semillas de maíz criollo del estado de Guanajuato. De la misma manera, fueron más altos a los reportados por Guillen-de la Cruz et al. (2018), quienes encuentran hasta 80% de germinación de semillas de maíz criollo en el estado de Tabasco, y de Espinoza-Paz et al. (2017) con 60% en maíz criollo proveniente del estado de Chiapas. Los valores de vigor se mantuvieron altos durante el periodo de almacenamiento. En ese sentido, Guillen-de la Cruz et al. (2018) y Pérez et al. (2007) correlacionaron maíces criollos con mayor contenido de endospermo vítreo con altos porcentajes de vigor y germinación. Además, los maíces con endospermo vítreo tienen plántulas con mayor vigor, germinación y plántulas normales, lo que relaciona el endospermo vítreo con mayor vigor en comparación con el endospermo harinoso. Navarro et al. (2015) definen el vigor como la sumatoria de aquellas propiedades de las semillas que determinan el nivel de actividad y la respuesta durante la germinación y emergencia de la plántula, por lo que con base en la categoría de Aristizábal y Álvarez (2006), los

niveles de germinación altos son aquellos en los que se supera el 80% de germinación de las semillas. Con relación a las diferencias para mantener la calidad física y fisiológica de las semillas de maíz entre los almacenes locales y los silos metálicos, los daños asociados a la presencia de hongos se vieron reducidos dentro de los silos metálicos en coincidencia con lo reportado por García-Leaños et al. (2007), Rosas et al. (2007) y De Groot et al. (2013). Dichos trabajos reportan la disminución del porcentaje de daño en semillas de maíz por efecto del sistema de almacenamiento. En cuanto a las diferencias en los porcentajes de germinación. García-Leaños et al. (2007) reportan porcentajes de germinación de 73.5% en almacenes de productores locales y 86.5% en silos de Guanajuato, con un aumento en la germinación del 13%. Además, Rosas et al. (2007) reportan un promedio de germinación de 86.2% en semillas de maíz almacenadas en silos y de apenas 40% en las colocadas en los almacenes familiares de diferentes localidades en Oaxaca. En el caso del vigor, los silos metálicos permitieron conservar la capacidad germinativa de las semillas de maíz un 2% por arriba de lo obtenido en los almacenes familiares. El porcentaje de germinación y la germinación asociada al vigor durante el periodo de almacenamiento se correlaciona casi directamente con la incidencia de hongos en el almacén (García-Leaños et al., 2007); sin embargo, la capacidad de conservar el potencial germinativo está relacionado a la composición del endospermo. Guillen- De la Cruz et al. (2018) encontraron una relación estrecha entre los niveles de vigor de las semillas de maíz y la composición del endospermo, siendo las variedades de maíz con mayor proporción de endospermo vítreo las que presentan los mayores niveles de germinación relacionada al vigor. En Umécuaro se presentó una diferencia más amplia entre los sistemas de almacenamiento debido a que en dicha localidad se realiza el almacenamiento en costales de rafia en una bodega de material, estando expuestos y, por lo tanto, susceptibles a la presencia de insectos y microorganismos como los hongos. Además, no se reporta el uso de agentes químicos que proporcionen protección a los granos de maíz, por lo que se puede sugerir que los cuidados proporcionados en la bodega de almacenamiento son los responsables de la baja incidencia de especies fúngicas. En contraste, en los almacenes familiares de la localidad de Zapotillo sí se reportó el uso de agentes químicos. En este caso se tiene un sistema con cerrado hermético al que se le adiciona fosforo de aluminio. Este sistema presentó valores de daño ligeramente más altos que el silo metálico, por lo que se puede sugerir el uso de este último como una opción para eliminar el empleo de fumigantes como el fosforo de aluminio, reafirmando la utilidad de estos dispositivos en la preservación de los granos de maíz. El contraste entre los sistemas de almacena-

miento en relación a la cantidad de especies de hongos asociados a los granos de maíz mostró que el silo metálico fue capaz de reducir la presencia de especies fúngicas. Se presentaron de 8 a 4 aislados en Umécuaro y de 8 a 7 aislados en Zapotillo. Al desaparecer estas especies, se logra observar un aumento en la incidencia de hongos de otras especies en las semillas, con mayor potencial para permanecer y proliferar en el silo. Esto podría ser perjudicial para el grano almacenado ya que estaría más propenso a la contaminación con metabolitos de estos hongos que se encuentran con valores elevados de incidencia. García-Leaños et al. (2007) reportaron una diferencia de incidencias entre los almacenes locales y el silo, de 48% a 36%, respectivamente. Por lo que el silo permitió inhibir el crecimiento de los hongos, como también se observó en este estudio. El silo metálico es capaz de mantener los granos con porcentajes de germinación y vigores altos, así como impedir el aumento de los daños por hongos. La condición hermética de este sistema impide el intercambio gaseoso con el exterior, lo cual reduce la cantidad de oxígeno disponible en el interior, creando una condición biótica auto inhibitoria con el tiempo, al aumentar la concentración de CO<sub>2</sub> por efecto de la respiración (Tafera et al., 2011). Esta condición obliga a los insectos, que son los que necesitan mayores concentraciones de oxígeno para vivir, a modificar su metabolismo y su humedad corporal hasta el punto en el que se desecan. En este punto, el oxígeno también ha modificado las condiciones humedad ambiental, lo cual se relaciona con el control de las poblaciones fúngicas dentro del silo, permitiendo inhibir el crecimiento y reproducción de los hongos. Aun cuando por sí mismo esto no es capaz de eliminarlos, a medida que pasa el tiempo de almacenamiento otros factores como la competencia por espacio y alimento jugarán un papel importante en la supervivencia de las especies.

## Conclusiones

Se observó disminución en los valores de daño ocasionado por hongos, así como una mejoría a lo referente al vigor y germinación del grano de maíz usando el silo metálico en ambas comunidades, aun cuando no hubo diferencias estadísticamente significativas.

## Agradecimientos

Se agradece a la Coordinación de la Investigación Científica por el financiamiento al proyecto “Presencia de hongos ocratoxigénicos y Ocratoxina A en maíz conservado en almacenes familiares” del que forma parte este proyecto.

## Referencias

- Aristizábal LM & Álvarez LP. (2006). Los efectos del nivel de vigor de la semilla pueden persistir e influenciar el crecimiento de la planta, la uniformidad de la plantación y la productividad. *Agronomía* 14(1):17-24.
- Bhattacharya, K., Raha, S. (2002). Deteriorative changes of maize, groundnut, and soybean seeds by fungi in storage. *Mycopathologia* 155, 135–141. <http://doi.org/10.1023/A:1020475411125>
- Boué C., Ridaura, S. L., Sánchez, L. M. R., Hellin, J., & Ponce, M. F. (2018). Local dynamics of native maize value chains in a peri-urban zone in Mexico: the case of San Juan Atzacualoya in the state of Mexico. *Journal of Rural Studies*. 64: 28-38.
- De Groote H, Kimenju SC, Likhayo P, Kanampiu F, Tefera T & Hellin J. (2013). Effectiveness of hermetic systems in controlling maize storage pests in Kenya. *Journal of Stored Products Research*, 53, 27-36. <https://doi.org/10.1016/J.JSPR.2013.01.001>
- Espinosa-Paz N, Martínez-Sánchez J, Ariza-Flores R, Cadena-Iñiguez P, Hernández-Maldonado M & Ramírez-Córdova AL. (2017). Germinación de semillas de variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) bajo déficit hídrico. *AGRO-Productividad*, 10(9).
- FAO (2014). Manual para la construcción y el uso de los silos metálicos familiares para almacenar cereales y leguminosas de grano. Roma. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3632s.pdf>
- León-Torres A. (2017). Detección e Identificación de Hongos en Semillas de Dos Materiales Híbridos de Maíz del Estado de Puebla. Tesis de ingeniería. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México.
- García-Lara S, y Bergvinson DJ. (2007). “Programa integral para reducir pérdidas poscosecha en maíz”. *Agricultura Técnica en México*. 33 (2), 181-189.
- García-Leaños MDL, Aguirre-Gómez JA, Narro-Sánchez J, Cortés-Baeza E & Rivera-Reyes JG. (2007). Silo hermético para el control de plagas de granos almacenados en Guanajuato, México. *Agricultura Técnica en México*, 33(3), 231-239.
- Guillen-de la Cruz P, Velázquez-Morales R, de la Cruz-Lázaro E, Márquez-Quiroz C & Osorio-Osorio R. (2018). Germinación y vigor de semillas de poblaciones de maíz con diferente proporción de endospermo vítreo. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences*,

34(2):108- 117.

Navarro M, Febles G & Herrera RS. (2015). Vigor: essential element for seed quality. Cuban Journal Agricultural Science. 49 (4):447-458.

NORMA Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. Secretaría de Salud. <https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3980/salud/salud.htm>

Ramírez –Martínez LG. (2014). La promoción de un buen manejo poscosecha en el campo mexicano. Enlace. CIMMYT. (5):18, febrero- marzo, pp. 15-17.

Rosas IM, Muñoz GA, Ramírez VB, Hernández-Salgado JH & Bellon M. (2007). Calidad física y fisiológica de semilla de maíz criollo almacenada en silo metálico y con métodos tradicionales en Oaxaca, México. Revista Fitotecnia Mexicana, 30(1).

SAGARPA (2012). Agricultura familiar con potencial productivo en México. Disponible en: [http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/Otros%20Estudios/Attachments/42/Agricultura%20Familiar\\_Final.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/programas2/evaluacionesExternas/Lists/Otros%20Estudios/Attachments/42/Agricultura%20Familiar_Final.pdf)

Tefera T, Kanampiu F, de Groot H, Hellin J, Mugo S, Kimenju S, Beyene Y, Boddupalli PM, Shiferaw B & Banziger M. (2011). The metal silo: An effective grain storage technology for reducing post-harvest insect and pathogen losses in maize while improving smallholder farmers' food security in developing countries. Crop Protection. 30, 240–245. <http://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.11.015>

# APLICACIÓN DE PRODUCTOS BIOLÓGICOS, BOTÁNICOS Y QUÍMICOS PARA EL CONTROL DE PULGÓN AMARILLO EN SORGO

Benito García Gracia<sup>1</sup>, José Francisco Díaz Nájera<sup>\*2</sup>, Sergio Ayvar Serna<sup>2</sup>, Manuel Alejandro Tejeda Reyes<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Estudiante de la carrera de ingeniero agrónomo Fitotecnista, garciabennyto@gmail.com

<sup>2</sup>Profesor investigador, departamento de Fitotecnia del Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CEP-CSAEGRO). Km 14.5 carretera Iguala-Cocula, Cocula Gro; México, francisco.najera@csaegro.edu.mx

<sup>3</sup>Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Parasitología Agrícola, mtejedar@chapingo.mx

## Resumen

El pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) es una plaga de reciente introducción al país, de interés cuarentenario, causas pérdidas en el rendimiento de grano y forraje desde un 30 hasta un 100 %, volviéndose un factor limitante para obtener una alta productividad, como estrategias se ha utilizado el método químico, sin embargo, el uso prolongado contamina e induce al pulgón a generar resistencia. El objetivo de la presente investigación fue evaluar la efectividad biológica de productos biológicos, botánicos y químicos sobre las poblaciones de *M. sacchari*. Para llevar a cabo el experimento se establecieron 78 macetas con dos plantas de sorgo híbrido 945-M de la empresa GENEX en bolsas de polietileno de 27\*27 con 5 kg, distribuidas bajo un diseño de bloques completos al azar. Al final del experimento, todos los tratamientos en todas las evaluaciones realizadas mostraron diferencias altamente significativas ( $P < .0001$ ) de acuerdo con las variables evaluadas.

**Palabras clave:** Efectividad biológica, control integrado, manejo de *Melanaphis sacchari*.

## Antecedentes

El sorgo dulce *Sorghum bicolor* (L.) es una planta originaria de África que tiene la capacidad de desarrollarse en climas tropicales y subtropicales, es una gramínea de tipo C4, esto la hace tolerante a la sequía, salinidad y suelos pobres (González et al., 2018). Tiene un elevado contenido de nutrientes y azúcares que aumenta la rentabilidad económica por el bajo costo de producción, rusticidad y la capacidad de realizar más de una cosecha (Gallardo et al., 2019). Actualmente sufre grandes afectaciones por *M. sacchari* (Nibouche et al., 2021). Es una especie originaria de África, descrita por Ze-hntner a principios del siglo xx, como plaga del cultivo de caña azúcar, sin embargo, durante el ciclo de primavera-verano del 2013 se recibieron reportes de brotes masivos en el cultivo de sorgo en Texas y estados del norte en la república mexicana afectando el rendimiento de forraje y grano entre 78 y 100 % (Pérez et al., 2019; Salinas et al., 2020).

## Objetivo

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la efectividad biológica de productos biológicos, botánicos y químicos sobre las poblaciones de *M. sacchari* en plantas de sorgo.

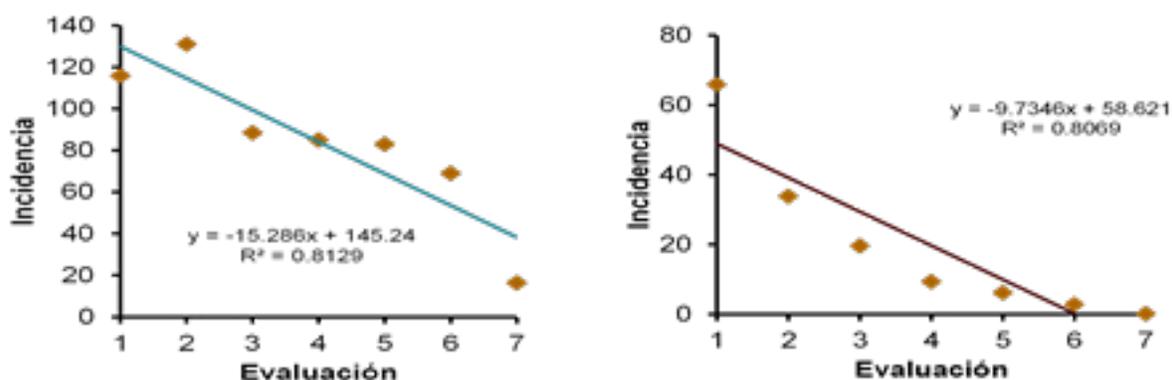
## Parte experimental

La presente investigación se realizó en el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CEP-CSAEGRO, Km 14.5 de la carretera Iguala-Cocula), entre las coordenadas geográficas 18° 19' latitud norte y 99° 39' longitud oeste; en a 640 msnm (Ayvar-Serna et al., 2019). Para llevar a cabo el experimento se establecieron 78 mace-tas con dos plantas de sorgo híbrido 945-M de la empresa GENEX en bolsas de po-lietileno de 27\*27 con 5 kg de composta y tierra lama (2:1), se aplicaron 13 tratamien-tos cada uno con 6 repeticiones formando un total de 78 unidades experimentales distribuidas bajo un diseño de bloques completos al azar. A los 49 días después de la siembra se realizó la incubación de la plaga, 24 h después se realizó la primera evalua-ción y posterior a ello se realizó la aplicación de los siguientes tratamientos, T1= Toretto® (50 mL ha<sup>-1</sup>), T2= Toretto® (100 mL ha<sup>-1</sup>), T3= Movento® 150 OD (350 mL ha<sup>-1</sup>), T4= Movento® 150 OD (500 mL ha<sup>-1</sup>), T5= Extracto de ajo (5 mL ha<sup>-1</sup>), T6= Extracto de ajo (7.5 mL ha<sup>-1</sup>), T7= BioDi®e (5 mL ha<sup>-1</sup>), T8= BioDi®e (7.5 mL ha<sup>-1</sup>),

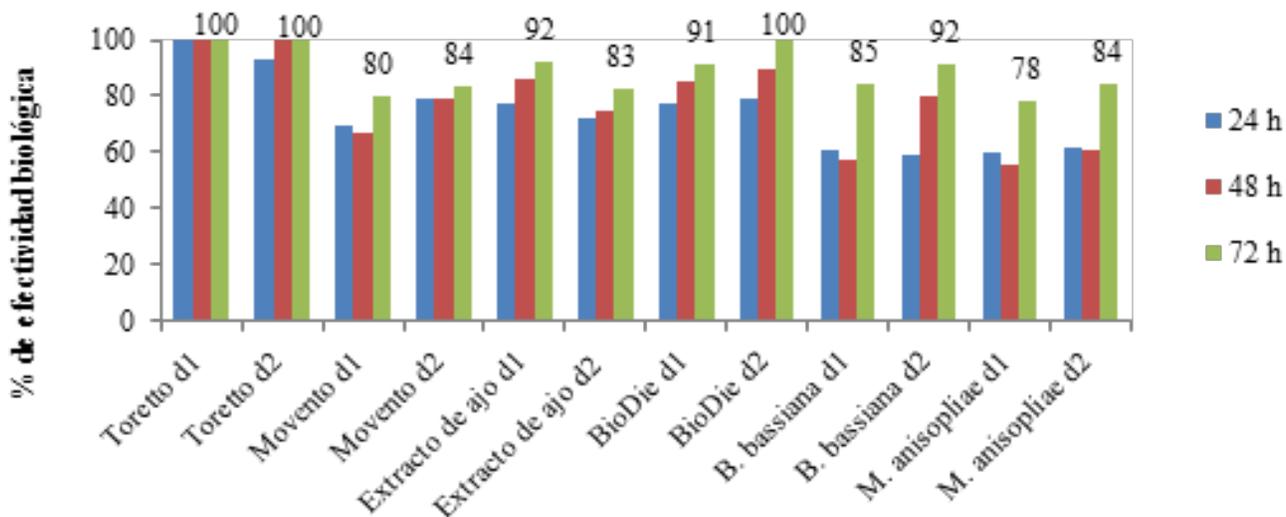
T9= *Beauveria bassiana* (350 g ha<sup>-1</sup>) T10= *B. bassiana* (500 g ha<sup>-1</sup>), T11= *Metarhizium anisopliae* (350 g ha<sup>-1</sup>), T12= *M. anisopliae* (500 g ha<sup>-1</sup>), T13= Testigo sin aplicación. Para medir el efecto de los productos evaluados se realizaron 6 evaluaciones posteriores a la aplicación, 3 se realizaron a intervalos de 24 horas (24, 48 y 72 h), posteriormente el resto se realizó a intervalos de 5 días (5, 10 y 15 d). Obtenidos los datos de la variable, se realizó un análisis de regresión, un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por el método de Tukey.

## Resultados y discusión

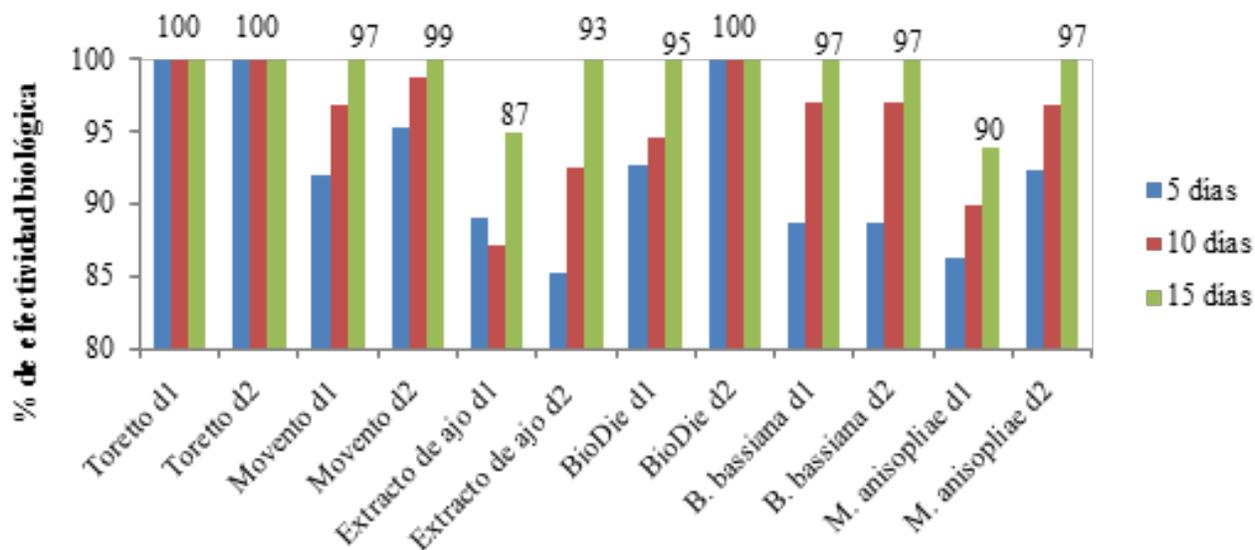
La incidencia del pulgón amarillo en el tratamiento testigo y en los productos utilizados (tratamientos) se ajustó a una regresión lineal simple [R<sup>2</sup>= 0.80 y 0.91 respectivamente, (Figura 1). Todos los tratamientos en todas las evaluaciones realizadas mostraron diferencias altamente significativas (P=<.0001). Durante las primeras 3 evaluaciones el insecticida Torreto® (sulfoxaflor) en dosis baja registró una nula incidencia de la plaga, mostrando una efectividad biológica del 100 % (Figura 2). Al final del experimento, el insecticida Torreto® en ambas dosis y el Fitoextracto BioDi®e (Argemolina, Berberina, Ricinina y a-Terthienyl) dosis alta, mostraron una nula incidencia de la plaga, los tratamientos antes mencionados registraron una efectividad biológica del 100 %, cabe mencionar que el resto de los tratamientos tuvieron una efectividad biológica superior al 90 % (Figura 3).



**Figura 1.** Regresión lineal simple del testigo (A) y de los tratamientos (B).



**Figura 2.** Porcentaje de efectividad biológica que se observó en evaluaciones realizadas a intervalos de 24 h.



**Figura 3.** Porcentaje de efectividad biológica que se observó en evaluaciones realizadas a intervalos de 5 días.

Szwarc et al. (2021) mencionan que durante el trabajo de investigación la densidad de la plaga fue de 240 a 720 pulgones /hoja para el E1 y E2. Posterior a la aplicación de los tratamientos se encontraron diferencias significativas en los dos ensayos en cuanto a la eficacia de control, en E1, durante los tres momentos de evaluación los tratamientos Tiametoxam + lambdacialotrina, Alfacipermetrina + Acetamiprid, Imidacloprid y Sulfoxaflor + lambdacialotrina registraron eficacias superiores al 70 %. Éstos resultados son particularmente parecidos a los obtenidos en este experimento, de igual manera que los que obtuvieron Casuso et al. (2021) donde a los 14 y 21 DDA, sofloxalfor 50 %, tiametoxam 14 % + lambdacialotrin 10 % e imidacloprid 70 % registraron el menor número de pulgones. Por otra parte, González-Valdivia et al. (2019) encontraron que los hongos entomopatógenos *M. anisopliae* y *B. bassiana* durante el experimento que realizaron no fueron capaces de reducir las densidades de *M. sacchari*, obteniendo valores similares a los del testigo, estos resultados son muy diferentes a los obtenidos en este experimento, en nuestro experimento *M. anisopliae* y *B. bassiana* en ambas dosis fueron capaces de reducir las poblaciones de *M. sacchari* en un 90 %.

## Conclusiones

La incidencia de pulgón amarillo en plantas de sorgo híbrido 945-M se afectó significativamente por la aplicación de los insecticidas Toretto® (sulfoxaflor), Movenito® 150 OD (spirotetramat), así como por los fitoextractos Allium liquido (extracto de ajo 87 %), Bio Di®e (Argemonina, Berberina, Ricinina y  $\alpha$ -Terthienyl), y los bioinsecticidas *B. bassiana* (Atento®), *M. anisopliae* (PHC ® META TRON®) utilizados en dos dosis diferentes

Al finalizar el experimento todos los insecticidas biológicos (*Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae*), botánicos (Extracto de ajo y Argemonina, Berberina, Ricinina y  $\alpha$ -Terthienyl) y químicos (Sulfoxaflor y Spirotetramat) registraron un alto porcentaje de efectividad biológica en el control de pulgón amarillo en el cultivo de sorgo híbrido 945-M.

## Agradecimientos

Al Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero por el financiamiento para los materiales utilizados y a los profesores investigadores la asesoría brindada.

## Referencias

- Ayvar-Serna, S., Díaz-Nájera, J., F., Vargas-Hernández, M., Mena-Bahena, A., Tejeda-Reyes, M. A., Cuevas-Apresa, Z. (2019). Rentabilidad de sistemas de producción de grano y forraje de híbridos de maíz, con fertilización biológica y química en trópico seco. *Terra Latinoamericana* 38: 9-16. <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.507>
- González, A. D., Álvarez, H. U., y Lima, O. R. (2018). Acumulación de biomasa fresca y materia seca por planta en el cultivo intercalado caupí-sorgo. *Centro Agrícola*, 45(2):77-82.
- Gallardo, A. I., Boffill, R. Y., Rega, L. L., Pino, H. M. S., Rodríguez, P. Y., y Pérez, P. M. (2018). Perfeccionamiento del proceso de malteado de sorgo UDG-110 en la elaboración de bebidas para enfermos celíacos. *Centro Azúcar*, 45(2): 46-58.
- Nibouche, S., Costet L., Medina, R. F., Holt, J. R., Sadeyen, J., Zoogones, A. S. and Blackman, R. L. (2021). Morphometric and molecular discrimination of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner, 1897) and the sorghum aphid *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904). *PloS one*, 16(3), e0241881.
- Salinas-Sánchez, D. O., Peña-Chora, G., González-Cortazar, M., Zamilpa-Alvarez, A., Hernández-Velázquez, V. M., Tagle-Emigdio, L. J., y Sotelo-Leyva, C. (2020). Efecto insecticida de una fracción de acetato de etilo de *Serjania schiedeana* L. (Sapindaceae) contra *Melanaphis sacchari* Zehntner (Hemiptera: Aphididae). *Acta Agrícola y Pecuaria*, 6(1).
- Pérez-Molina, S. H., Cauich-Cauich, J. R., Burgos-Campos, M. A., Arcocha-Gómez, E., y González-Valdivia, N. A. (2019). Efecto de *Beauveria bassiana* en el Control de *Melanaphis sacchari* en Chiná, Campeche. *Agroecosistemas tropicales*. 231-237.
- Casuso, V. M., Tarrago, J. R., Nadal, N. J., Kaleb, C., y Giménez, G. (2021). Evaluación de distintos tratamientos insecticidas para el control del Pulgón amarillo del sorgo. Estación Experimental Agropecuaria Las Breñas, INTA.
- González-Valdivia, N. A., Cauich-Cauich, J. R., Pérez-Molina, S. H., Burgos-Campos, M. A., y Arcocha-Gómez, E. (2019). Control de *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae) con entomopatógenos en sorgo, en Campeche, México. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 5(1).
- Szwarc, D. E., Almada, M. S., y Vitti Scarel, D. (2021). Control químico del pulgón amarillo *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) en sorgo. [http://simposionacionaldesorgo.aianba.org.ar/f\\_trabajos/0018\\_c91jgu.pdf](http://simposionacionaldesorgo.aianba.org.ar/f_trabajos/0018_c91jgu.pdf)

# DESARROLLO DE UN ALIMENTO FUNCIONAL A BASE DE HARINAS DE BERRIES

*Eva Guadalupe Murillo Delgado<sup>1</sup>, Rafael Zamora Vega<sup>1</sup>, José Octavio Rodiles López<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Facultad de Químico Farmacobiología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo*

*1706189g@umich.mx*

*rafael.zamora@umich.mx*

## Resumen

Hoy en día, los consumidores buscan alimentos que además de su valor nutritivo puedan aportar otros atributos. Algunas de las tendencias a nivel mundial, es aumentar el consumo de fibra y agentes antioxidantes, ya que la población en general no consume la cantidad recomendable para una salud óptima. Por lo que el objetivo de esta experimentación se basa en el desarrollo de un alimento funcional a partir de queso fresco fortificado con harina obtenida a partir de frutas berries que pueda aportar ambos componentes además del alto valor nutricional del queso. Se realizó un análisis sensorial a los distintos quesos elaborados, además de caracterización bromatológica, fisicoquímica y de capacidad antioxidante al queso seleccionado. Se observó que si hay diferencia significativa entre el queso testigo (QT), y el queso con harina de arándano (QA), en el análisis bromatológico, el análisis fisicoquímico y de capacidad antioxidantes en la mayoría de los parámetros.

**Palabras clave:** Berries, queso, antioxidantes, fibra, alimento funcional.

---

## Antecedentes

El desarrollo de alimentos funcionales ha sido de suma importancia en los últimos años, debido a los grandes beneficios que estos pueden aportar a la salud, ya que los consumidores se interesan más en su autocuidado y la prevención de enfermedades crónico-degenerativas. El Consejo de Nutrición y Alimentación de la Academia de Ciencias de los Estados Unidos (1999) define a los alimentos funcionales como “alimentos modificados o que contengan un ingrediente que demuestre una acción que incremente el bienestar del individuo o disminuya los riesgos de enfermedades, más allá de la función tradicional de los nutrientes que contiene”.

Astiasarán y Martínez (2000) definen al queso como un producto alimenticio que puede ser sólido o semisólido y que se obtiene separando los componentes sólidos de la leche, conformados por la cuajada, de los líquidos, a los cuales se les da el nombre de suero. Debido a su alto valor nutricional, que es un alimento natural, de fácil producción y que podría consumirse como una alternativa a la leche, cuando esta no se encuentra disponible, se ha vuelto de suma importancia en la dieta humana a lo largo de la historia. De acuerdo a los datos proporcionados por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, el queso en promedio tiene una composición de humedad de 51.4%, proteínas de 18.1%, lípidos de 23.8%, así como 2.98% de carbohidratos y 3.68% de cenizas, además de una aportación de 299 kcal. En general, los quesos madurados contienen menos humedad. Así mismo es buena fuente de calcio, aportando 566 mg por cada 100 g de queso, además de 24 mg de magnesio, 385 mg de fósforo, 129 mg de potasio, 751 mg de sodio, 2.58 mg de zinc, y 19 µg de selenio. Contiene todas las vitaminas liposolubles y todas las hidrosolubles, a excepción de la vitamina C (USDA, 2019). La elaboración de un queso comprende dos etapas fundamentales en su proceso, la coagulación y el desuere. La coagulación implica desestabilizar las micelas caseínicas, donde se modifican para que interaccionen por medio de enlaces físico-químicos formando un entramado o “esqueleto” proteico, que por oclusión retiene agua y glóbulos de grasa, una cantidad de lactosa, sales minerales, microflora y células somáticas, haciendo que la leche pase de un estado líquido a uno sólido, formando un coágulo o gel. Por otro lado, el desuere se basa en la separación del lactosuero, el cual es la fase acuosa del coágulo formado, una vez se realiza el corte de éste; esta separación se realiza de manera más o menos intensa, obteniendo al final de esta etapa un queso sin madurar o queso fresco (Villegas, 2004).

“El seguimiento estadístico del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de México considera como los frutos berries a la zarzamora, la frambuesa, la fresa y el arándano” (SIAP, 2017). Las fresas, arándanos y zarzamoras son frutas con un bajo aporte calórico, esto debido a que del 75 al 97% de su peso total es agua, tienen menos del 1% de proteínas, carecen de grasa, y contienen de 2 a 5% de fibra. Son fuentes importantes de vitaminas C y A, además de compuestos antioxidantes como lo son las antocianinas, flavonoides, catequinas y ácidos fenólicos (Aldaba et al. 2016; Tarín, 2015; Franceschinis, 2016; USDA, 2019).

La fibra aporta múltiples beneficios a la salud como son: controlar los niveles de colesterol y azúcar en sangre, además de un aumento en el volumen fecal. El consumo adecuado de este nutriente ayuda con la prevención de enfermedades cardiovasculares, y el cáncer de colon, además de contribuir al manejo de la diabetes mellitus, el sobrepeso y la obesidad (Pellecer, 2020). Por otro lado, el interés en los agentes antioxidantes radica en la protección de las células del daño que los radicales libres les pueden causar, ya que dentro del cuerpo se llevan a cabo reacciones químicas de oxidación y reducción de manera constante. De esta manera estos bioactivos, anulan la reactividad de estos radicales, y así mismo, el consumo adecuado de estos ayuda a reducir enfermedades coronarias, y a su vez tienen propiedades anticancerígenas, antiinflamatorias (Tarín, 2015).

## Objetivo

Desarrollar un alimento funcional a partir de queso fresco y fortificado con diferentes harinas obtenidas de frutas tipo berries, específicamente fresa, zarzamora y arándano, y a su vez, una mezcla de todas.

## Parte experimental

**Elaboración de harinas.** La obtención de harinas a base de frutas frescas de fresa, zarzamora y arándano se llevó a cabo de manera individual. Las frutas fueron lavadas y desinfectadas con una solución de hipoclorito de sodio al 1%, posteriormente fueron cortadas en trozos de 1 cm<sup>3</sup> y colocadas en una bandeja; esto para aumentar el área de contacto y facilitar el proceso de secado. Posteriormente se llevaron a un horno de secado a 40° durante 48 horas, una vez secos, éstos fueron triturados en una licuadora, para después pasarse por un tamiz (#60) y obtener una harina con un tamaño de partícula <260 mm.

**Elaboración del queso fresco con las harinas.** Se utilizó una metodología estándar para la elaboración de queso fresco, utilizando leche bronca, a la cual se le dio como pretratamiento una pasteurización HTST (73°C / 15 s).

Posterior a la pasteurización se añadieron 0.1 g de  $\text{CaCl}_2$  por litro de leche como aditivo, el cual fue incorporado previamente disuelto en un poco de agua. Posteriormente se añadió un cuajo comercial, a la leche a una temperatura de 39°C, añadiendo 5 mL de cuajo por cada litro de ésta, y mezclados en el mismo sentido durante 10 segundos. Se dejó reposar durante 45 minutos, y pasado este tiempo se cortó la cuajada en cuadros de 2 cm aproximadamente, y se llevó nuevamente la temperatura de la leche a 39°C, dejándola reposar durante otros 30 minutos. Se continuó con el desuerado de la cuajada usando un tanque de desuerado de quesos. La cuajada obtenida fue pasada a una tela para extraer el agua remanente, y por último seguido a esto se añadió 2.5% de sal m/m. Posteriormente al salado del queso se añadió el 10% de harina de las frutas berries en una relación m/m, incorporándose de manera manual hasta homogeneizar la harina con el queso. Se realizaron cuatro quesos distintos: queso con harina de fresa, queso con harina de zarzamora, queso con harina de arándano, y un queso con una mezcla de las tres harinas en una proporción de 1/3 de cada harina.

**Análisis sensorial.** Las pruebas de análisis sensorial realizadas fueron tipo hedónicas de 5 puntos, usando un queso fresco comercial como testigo. Se contó con 12 panelistas sin experiencia. Las propiedades evaluadas fueron color, olor, textura y sabor, y además se obtuvo un promedio de estas y se reportó como flavor. Se realizó el análisis sensorial para cada uno de los 4 quesos de manera individual, para evitar una saturación por parte de los panelistas al evaluar las diferencias.

**Análisis estadístico.** El análisis estadístico utilizado fue la prueba de Tukey con 0.05% de significancia, el cual se utilizó para analizar el análisis sensorial, bromatológico, fisicoquímico y las determinaciones y ensayos realizados para capacidad antioxidante.

**Selección del queso.** En base a los resultados del análisis sensorial se eligió el queso con más aceptación para los panelistas, una vez elegido a este y a un queso fresco como testigo se les realizó caracterización bromatológica, fisicoquímica y de capacidad antioxidantes.

### **Propiedades fisicoquímicas**

Se determinó pH (método 02-52 de la AACC, 2000), acidez (método 02-31 de la AACC, 2000), color con un colorímetro manual y textura con un analizador de textura.

### **Análisis bromatológico**

Se llevó a cabo determinación de humedad, cenizas, proteína, extracto de etéreo y fibra dietética por los métodos de AACC (2000), mientras que los hidratos de carbono se obtuvieron por diferencia de peso, restando los resultados de proteína, extracto etéreo y cenizas de 100.

### **Capacidad antioxidante**

Preparación del extracto. Una vez que la fruta ha pasado por el proceso de secado, triturado y tamizado, a partir de la harina resultante se prepara un extracto siguiendo el método propuesto por Zapata, et al. (2014). El solvente utilizado fue una solución etanol-agua (50:50 v/v), y una relación materia prima / solvente de 1:3, a una temperatura de 36.6°C y un pH de 2.12. El tiempo de extracción fue de 1 h, en un baño de agua a 100 rpm. Posteriormente, la mezcla se centrifugó a 4000 rpm durante 20 minutos, donde se obtuvieron dos fases, el sobrenadante y el residuo. Este proceso de extracción se utilizó de igual manera con el queso seleccionado y el queso testigo. Posteriormente se llevó a cabo la determinación de fenoles totales, flavonoides totales y los ensayos antioxidantes de DPPH• y ABTS•+ de acuerdo con las metodologías descritas por Tranquilino (2021).

## **Resultados y discusión**

### **Elaboración del queso con las harinas**

Las harinas de las frutas berries fueron añadidas al queso posterior al desuerado y salado, para evitar la pérdida de antioxidantes durante este procedimiento, en la imagen 1 se muestran los resultantes de la elaboración de los quesos frescos con las distintas harinas, A: Queso fresco con harina de fresa al 10%; B: Queso fresco con harina de zarzamora al 10%; C: Queso fresco con harina de arándano al 10%; D: Queso fresco con harinas de fresa, zarzamora, y arándano en una proporción de 1/3 de cada harina. El color de dichos quesos se dio de manera natural y sin la adición de ningún tipo de colorante.

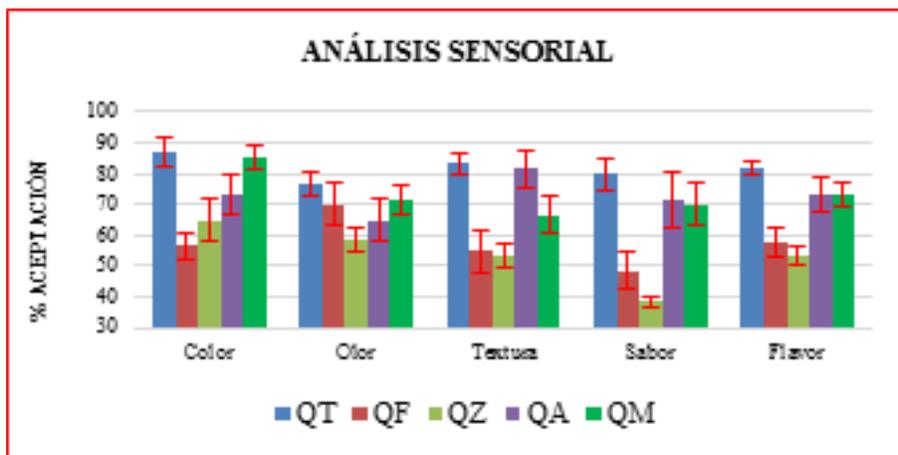
En el caso de los quesos frescos que contienen la harina de arándano se observó un cambio de coloración a las 24 horas de elaborado el queso, se sugiere la utilización de antioxidantes en su elaboración, para así evitar la oxidación de sus componentes y con esto el cambio de coloración.



**Imagen 1.** Quesos frescos con las harinas de Berries

### **Análisis sensorial**

Después del análisis estadístico, prueba de Tukey con 0.05 de significativa, se observó que, si hubo diferencia significativa entre el testigo y los quesos de fresa y zarzamora, pero no entre el queso de arándano y la mezcla de las tres harinas. Así mismo, se observó como los quesos de arándano y la mezcla de las tres harinas tuvieron la mejor aceptación entre los jueces con respecto al queso testigo. En la figura 1 se muestra el resumen del análisis sensorial de los 4 quesos y el testigo: QT, queso testigo; QF, queso con harina de fresa; QZ, queso con harina de zarzamora; QA, queso con harina de arándano; y QM, queso hecho con la mezcla equitativa de las tres harinas, fresa, zarzamora, y arándano.



**Figura 1.** Resumen del Análisis Sensorial

### Selección del queso

En base a los resultados obtenidos en los análisis sensoriales, se optó por trabajar con el queso fortificado con harina de arándano, ya que de los cuatro quesos con los que se trabajó fue el que mayor aceptación tuvo en los parámetros de sabor y textura. Además de este que no mostró diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) con el queso fresco utilizado como testigo.

### Propiedades fisicoquímicas

Como se muestra en la Tabla 1, se compararon las propiedades fisicoquímicas del queso fortificado con harina de arándano con un queso testigo. Observando cómo existe una diferencia significativa entre QT y QA en todos los parámetros, a excepción de  $a^*$  en el parámetro de color.

Parámetro	QT	QA
pH	6.62a ± 0.01	6.29b ± 0.02
Acidez	0.18a ± 0.04	0.23a ± 0.02
L*	82.57a ± 0.82	33.40b ± 2.57
Color $a^*$	1.29a ± 1.12	2.89a ± 0.69
$b^*$	13.12a ± 0.64	3.53b ± 0.62

**Tabla 1.** Caracterización fisicoquímica del queso testigo y el queso con arándanos.

Valor promedio de 3 repeticiones  $\pm$  desviación estándar. Medias en el mismo renglón con diferente superíndice, son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ). QT= queso testigo; QA= queso fortificado con harina de arándano.

De acuerdo con lo establecido por Garrido (2014) el pH en un queso fresco es de máximo 6.44, con un porcentaje de acidez máximo de 0.22, valores cercanos a los obtenidos en el presente trabajo, observando como la adición de la harina de arándano modifica las propiedades del queso, destacando los cambios que ocurren en el color del queso con arándano.

### Análisis bromatológico

El análisis bromatológico del queso fresco fortificado con harina de arándano y el queso fresco de testigo se muestran en la tabla 2. En este se observa diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre QT y QA en los parámetros de humedad, carbohidratos, fibra dietética, proteína y lípidos. Esta diferencia es debida a que el QA se adiciona el 10% de harina de arándano (m/m), aumentando la humedad y carbohidratos, mientras que hubo disminución en el contenido de proteína y lípidos, ya que son componentes limitados en los arándanos. Por otro lado, no se encontró diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre QT y QA en el parámetro de cenizas, ya que los aportes de la fruta por si solos son pocos.

**Tabla 2.** Análisis bromatológico del queso testigo y el queso con harina de arándanos. % en Base Seca.

Parámetro	QT	QA
Humedad	48.97 $\pm$ 0.2 <sup>b</sup>	52.90 $\pm$ 0.005 <sup>a</sup>
Carbohidratos	7.57 $\pm$ 0.47 <sup>b</sup>	15.72 $\pm$ 2.91 <sup>a</sup>
Fibra	0 <sup>b</sup>	4.14 $\pm$ 1.38 <sup>a</sup>
Proteína	42.8 $\pm$ 0.63 <sup>a</sup>	35.33 $\pm$ 0.05 <sup>b</sup>
Lípidos	46.85 $\pm$ 0.13 <sup>a</sup>	42.35 $\pm$ 0.8 <sup>b</sup>
Cenizas	2.77 $\pm$ 0.3 <sup>a</sup>	2.45 $\pm$ 0.42 <sup>a</sup>

Valor promedio de 3 repeticiones  $\pm$  desviación estándar. Medias en el mismo renglón con diferente superíndice, son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ). QT= queso testigo; QA= queso fortificado con harina de arándano

Un estudio similar con queso petit-Suisse de arándano azul con prebióticos, muestra una composición química de proteína del 12.65%, lípidos del 32.10%, fibra cruda del 8.40% y cenizas del 1.88%, donde comparan con un producto comercial con una composición química de 23.42% de proteína, 12.16% de lípidos, 0% de fibra cruda y 1% de cenizas (Rueda et al., 2015). Observando similitud con los resultados obtenidos en este trabajo, pero considerando que son distintos tipos de quesos.

### Capacidad antioxidante

Las distintas determinaciones y ensayos realizados para medir la capacidad antioxidante del queso fresco fortificado con harina de arándanos, de un queso fresco como testigo y la harina de arándano se muestran en la Tabla 3, donde se observa diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre QA y HA en todas las determinaciones y ensayos realizados. Esta diferencia se explica con el porcentaje de harina añadido en el queso, ya que los valores que se muestran en QA representan aproximadamente el 10% de los valores obtenidos para HA. Explicando algunas diferencias debido al cambio de pH. El pH en un queso fresco es aproximadamente del 6.1 de acuerdo con lo reportado por Ramírez y Vélez (2012), mientras que Zapata, et al (2014) mencionan que el rendimiento de extracción de antocianinas totales es mayor, a pH bajo, evitando así cierto porcentaje de degradación de estos compuestos. De acuerdo con la Tabla 3 encontramos diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre QA y QT para la mayoría de los parámetros medidos. Donde observamos que QA presenta una diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) en la cantidad de ácidos fenólicos y flavonoides comparado con QT, con un aumento significativo de estos componentes por la adición de la harina de arándano; de igual manera en el ensayo antioxidante DPPH•, tanto en mg EAG/100 g y el % de inhibición encontramos una diferencia significativa ( $p > 0.05$ ), donde observamos que en QT los resultados son mínimos hasta el punto de ser no detectables; por otro lado, en el ensayo antioxidante ABTS•+ de QA, tanto en mg EAG/100 g y el % de inhibición no encontramos diferencia significativa comparado con QT, esto debido a la poca cantidad de captación de radicales libres por parte de este radical incluso en HA, observando que en la cantidad de ABTS•+ (mg EAG/100 g) a pesar de no ser detectable en QT no hay diferencia significativa por la poca cantidad encontrada en QA.

**Tabla 3.** Capacidad antioxidante de la harina de arándano, el queso con arándano y el queso testigo.

	HA	QA	QT
Ác. Fenólicos (mg EAG/100 g)	415.08 ± 30.47 <sup>a</sup>	34.87 ± 2.19 <sup>b</sup>	4.04 ± 0.25 <sup>c</sup>
Flavonoides (mg EAG/100 g)	953.72 ± 74.80 <sup>a</sup>	64.84 ± 2.99 <sup>b</sup>	7.18 ± 2.97 <sup>c</sup>
DPPH• (mg EAG/100 g)	84.80 ± 1.37 <sup>a</sup>	8.89 ± 1.30 <sup>b</sup>	ND
% de Inhibición	87.76 ± 1.40 <sup>a</sup>	10.08 ± 1.33 <sup>b</sup>	ND
ABTS•+ (mg EAG/100 g)	8.7 ± 0.77 <sup>a</sup>	1.2 ± 0.70 <sup>b</sup>	ND
% de inhibición	79.44 ± 7.16 <sup>a</sup>	10.52 ± 6.5 <sup>b</sup>	2.68 ± 0.22 <sup>b</sup>

Valor promedio de 3 repeticiones ± desviación estándar. Medias en el mismo renglón con diferente superíndice, son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ). HA= harina de arándano; QA= queso fortificado con harina de arándano; QT= queso testigo. ND=No detectable ( $> 1 \text{ mg EQ} / 100 \text{ g}$ ).

Mostrando así con en el presente trabajo la gran capacidad antioxidante que se le proporciona a un queso fresco añadiendo harina de arándano, y como con un consumo de 38 g de este queso fortificado con harina de arándano se puede cumplir con una ingesta normal de flavonoides de 20 a 26 mg/día (Coronado, et al. 2015).

## Conclusiones

Los quesos elaborados con harinas de fresa y zarzamora presentaron diferencias en sus propiedades sensoriales con respecto a un queso fresco comercial, pero no se encontró diferencia con el queso hecho con harina de arándano y con el queso hecho con la mezcla de harinas de fresa, zarzamora y arándano. Por lo que el hacer un queso fortificado con harina de arándano sería de agrado para el consumidor, además de todos los beneficios nutricionales que este queso podría aportar, los cuales lo vuelven un alimento funcional.

## Referencias

- AACC, 2000. American Association of Cereal Chemists. Approved methods. 9a ed. St. Paul, MN.
- Aldaba, J., Concha, V., Enciso, V., Carranza, J. (2016). Funcionalidad del arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.).
- American Dietetic Association. (1999) Position of the American Dietetic Association. Functional foods. *J Amer Diet Assoc*; 99: 1278-1285.
- Astiasarán I. y Martínez J. (2000). Alimentos, composición y propiedades. McGraw-Hill. Interamericana de España, S. A. U.
- Coronado, M., Vega y León, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M., y Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 42(2), 206-212.
- Departamento de Agricultura de Estados Unidos. (2019). Central de datos de alimentos.
- Franceschinis, L. E. (2016). Propiedades fisicoquímicas y funcionales de productos deshidratados en base a cerezas y zarzamoras de la Patagonia argentina (Doctoral dissertation, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).
- Garrido Navarro, R. I. (2014). Elaboración de queso fresco tipo mezcla (leche de cabra y leche de vaca) y determinación de sus características físico-químicas y sensoriales (Tesis de titulación, Universidad Nacional de Piura).
- Pellecer, A. (2020). La importancia de consumir alimentos con fibra. *Relevancia Médica*.
- Ramírez-López, C., y Vélez-Ruiz, J. F. (2012). Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 6(2), 131-148.
- Rueda, S. M., Sánchez, E., Lara, A. V. (2015). Queso Petit-Suisse de arándano azul con prebióticos. En Ramírez-Ortiz, M. E. (Ed.). *Tendencias de innovación en la ingeniería de alimentos*. Barcelona, España: OmniaScience. 139-167.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2017). Berries, frutillas, frutos rojos, bayas mexicanas... entre lo común y lo biológico.
- Tarín, M. (2015). Evaluación de la calidad funcional de extractos de mora y fresa liofilizada (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
- Villegas, A. (2004). Tecnología quesera. Editorial Trillas, S. A de C. V.
- Zapata, L. M., Heredia, A. M., Quinteros, C. F., Malleret, A. D., Clemente, G., Cárcel, J. A. (2014). Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. *Ciencia, docencia y tecnología*, (49), 166-192.
- Tranquilono, E. (2021). Estudio de las propiedades antioxidantes de un extracto polifenólico de *Opuntia* spp. nanoencapsulado e incorporado en tortilla de maíz (Tesis de Doctorado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo).

# EFECTO DEL TRATAMIENTO DE ULTRASONIDO SOBRE LAS PROPIEDADES REOLÓGICAS Y FUNCIONALES DEL AGUA DE COCCIÓN DE GARBANZO (AQUAFABA)

*<sup>1</sup>Ximena Escobar Osornio, Ma. Andrea Trejo Márquez<sup>1</sup>, Gabriela Hermosillo Moreno<sup>1</sup>,  
Selene Pascual Bustamante<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, laboratorio de postcosecha de productos vegetales, Centro de Asimilación Tecnológica. Jiménez Cantú s/n San Juan Atlámica, C.P. 54729, Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, México. e-mail: andreatrejo@unam.mx*

## Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación ultrasonido en combinación con temperatura sobre las propiedades funcionales como formación de espuma y de emulsión en el agua de cocción de garbanzo (aquafaba). El aquafaba se trató en el ultrasonido a una temperatura de 25°C, 37.5°C y 50°C durante tiempos de 10, 30 y 45 min. Los resultados muestran que para las propiedades funcionales el uso del tratamiento por ultrasonido mejoró positivamente la expansión y estabilidad de la espuma a comparación del que no fue tratado, ya que mejora la homogeneidad de las espumas. La capacidad emulsionante del aquafaba también se vio afectada positivamente ya que la estabilidad de la emulsión aumento después de someterlas a ultrasonido. Como conclusión el tratamiento de ultrasonido aplicado al aquafaba a 25 °C incrementó y mejoró las propiedades funcionales en comparación con el aquafaba que no fue tratado.

**Palabras clave:** espumas, emulsiones, aditivo reológico, ecología, vegano, sustitución, plant based, legumbres

## Antecedentes

La tendencia de hoy en día es plant based y entre los alimentos de origen vegetal se encuentran las legumbres y la más consumida a nivel mundial es el garbanzo. Debido a la composición química del garbanzo, se han desarrollado diversos productos y recientemente se ha encontrado que enlatar o cocinar las semillas del garbanzo en agua produce una solución que, cuando se separa de la semilla, tiene utilidad como aditivo reológico de origen vegetal para formulaciones de alimentos. Esta solución es llamada “aquafaba” y contiene varios nutrientes como proteínas, azúcares simples, polisacáridos, minerales y compuestos fitoquímicos (saponinas y compuestos fenólicos), que contribuyen a su funcionalidad (espumabilidad, emulsibilidad, gelificación y propiedades espesantes) (Yue et al., 2021). La preparación de aquafaba es similar al proceso de enlatado y comienza remojando la semilla de garbanzo en agua para extraer compuestos considerados no nutricionales, hidratar la semilla y reducir el tiempo de cocción. Después de desechar el agua o solución de remojo, la semilla empapada se hierva en agua caliente o se cocina en agua a presión (Yue et al., 2021). Esta agua de cocción obtenida contiene ciertos nutrientes los cuales varían de acuerdo con tres factores principales: las condiciones de extracción, como remojar la semilla antes de la cocción, la relación semilla-agua (CWR), la temperatura, el pH, el tiempo y la presión durante la extracción; el cultivar y genotipo del garbanzo y por último la composición y estructura de la semilla y la pared celular (Yue et al., 2021). Así mismo, las propiedades funcionales de aquafaba dependen de esta composición ya que se derivan principalmente de su contenido en proteínas, carbohidratos solubles en agua/insolubles, complejos polisacáridos-proteínas, coacervatos, saponinas y compuestos fenólicos (Yue et al., 2021). Los compuestos contenidos en el aquafaba pueden ser modificados con distintos procesos, entre los que destaca el ultrasonido.

El ultrasonido es una técnica novedosa usada en la industria alimentaria, ya que representa ventaja sobre los procesos tradicionales, al reducir tiempos de proceso, mejorar atributos de calidad, no alterar las principales características de los productos, reduce riesgos químicos, físicos y se considera tecnología verde al ser sustentable, debido a que emplea menos tiempo, agua y energía (Campo et al., 2018).

Los tratamientos de ultrasonido se aplican en diferentes modalidades de alta y baja intensidad, así como alta y baja frecuencia. De esta manera variando su longitud de onda, frecuencia e intensidad, es que se promueven mejores tiempos y formas de mezclado, al igual que de transferencia de energía y masa, para reducir tiempos de ex-

tracción e incrementar la producción y elaboración de alimentos. Aplicando este tratamiento al agua de cocción de garbanzo se han observado la desnaturalización parcial y cambios en la solubilidad de la solución. Como consecuencia, la formación, expansión y estabilidad de la espuma, así como la capacidad emulsificante son afectadas por el tratamiento del ultrasonido.

## Objetivo

El objetivo de este proyecto fue evaluar el efecto del ultrasonido en el agua de cocción del garbanzo (aquafaba) mediante la medición de sus propiedades reológicas, físico-químicas, químicas y funcionales como alternativa a productos de origen animal.

## Metodología de experimentación

**Materia prima.** El garbanzo Kabulli, variedad Costa 2004, el cual se obtuvo de la cosecha 2018, Guanajuato México y se almacenó en botes de plástico. Como un tratamiento previo, se seleccionan los granos en buenas condiciones, desechando los granos dañados, rocas o basura, y se lavaron para eliminar restos de suciedad.

**Remojo del garbanzo.** El garbanzo se sometió a un proceso de remojo en una proporción 1:4 (grano de garbanzo: agua) en dos tipos de tratamientos: (1) maceración durante 16 h a 25°C y 50°C, y (2) a ultrasonido de la marca Cole-Parmer durante 1 h a 25°C y 50°C.

Posteriormente, se midió el contenido de proteínas por el método de Lowry (Gary L. Peterson 1977), en la que se realizó una curva estándar con ABS (albúmina sérica bovina) y agua destilada en concentraciones desde 0.1 hasta 1 mg/mL, se dejó reposar 60 min, y se leyó en el espectrofotómetro de la marca Velab a una longitud de onda de 750 nm. El contenido de saponinas por el método de Liebermann-Burchard (Monje & Raffailac, 2009), en la que se realizó una curva estándar con saponina pura y agua destilada en concentraciones desde 1 hasta 5 mg/mL, se dejó reposar 37 min, y se leyó en el espectrofotómetro de la marca Velab a una longitud de onda de 528 nm. Por último, se evaluó la firmeza del grano después del remojo con un penetrómetro digital de la marca Force Gauge con la geometría mediana.

**Cocción del garbanzo.** El garbanzo remojado se sometió a cocción en autoclave en una proporción 1:3 (grano hidratado: agua) durante 10 min, a una presión de 2.62 bar abs y a una temperatura de 129°C. Posteriormente, se separó el agua de cocción (aqua-

faba) para someterla a tres tratamientos de ultrasonido con temperatura de 25°C, 37.5°C y 50°C durante 15, 30 y 45 min. Fue necesario comparar con un control; el cual se tipificó con la clave MC4. Se midió el contenido de proteínas por el método de Lowry (Gary L. Peterson 1977), el contenido de saponinas por el método de Liebermann-Burchard (Monje & Raffaillac, 2009), la firmeza al grano de garbanzo después de la cocción con un penetrómetro digital de la marca Force Gauge con la geometría mediana, y la viscosidad del agua de cocción con un viscosímetro de Brookfield de la marca BioBase de geometría SPL1 a una temperatura de 24°C y 60 rpm para todas las muestras.

Para las propiedades funcionales, se midió la expansión y la estabilidad de la espuma por el método propuesto por Shim et al. (2018) y la estabilidad de la emulsión por el método propuesto por Cooper y Goldenberg (1987).

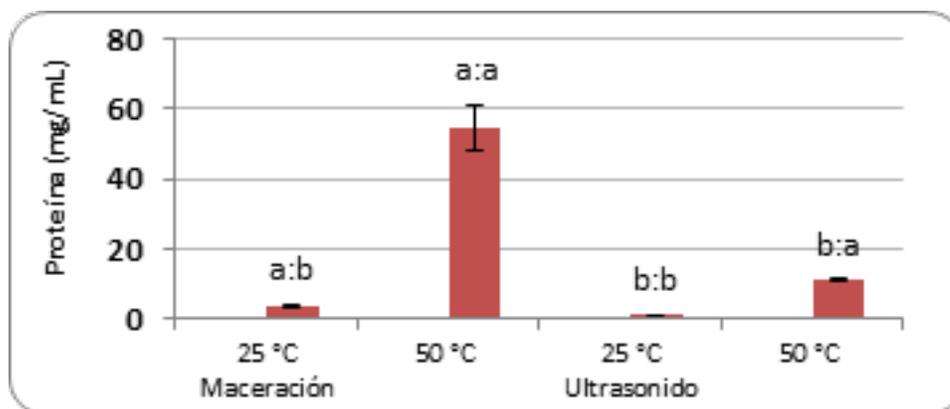
**Análisis estadístico.** Para el análisis de los datos se realizó un análisis estadístico factorial con ayuda del software MINITAB.

## Resultados y discusión

El proceso más común de remojo previo generalmente no es suficiente para disminuir el tiempo total de cocción del garbanzo. Comprender la absorción de agua en las legumbres durante el remojo es de importancia práctica, ya que afecta las operaciones de procesamiento posteriores y la calidad del producto final (aquafaba). Para obtener el máximo contenido de nutrientes del garbanzo es necesario reducir los tiempos de remojo del garbanzo que suelen ser de 12 a 16 h, haciendo que una cantidad considerable de nutrientes se quede en el agua de remojo. El ultrasonido se ha utilizado para mejorar la transferencia de masa en sistemas de alimentos sólidos / líquidos, es por lo que el método de ultrasonido proporciona una nueva solución para disminuir el tiempo de remojo y cocción.

### **Evaluación de dos métodos de remojo de garbanzo sobre los compuestos funcionales.**

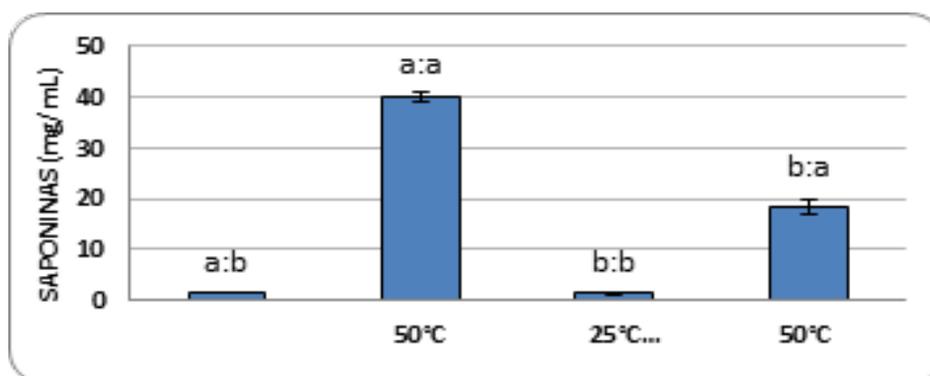
Durante el proceso de remojo del garbanzo, se pueden llegar a perder algunos de los componentes presentes en el grano, uno de estos componentes es la proteína, en la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos de la concentración de proteína contenida en el agua de remojo de garbanzos.



**Figura 1.** . Evaluación de contenido de proteína presente en el agua de remojo de garbanzo

En cuanto a la proteína contenida hay efecto por la temperatura de remojo, ya que al incrementar la temperatura a 50 °C se observa mayor contenido de proteínas en el caso de maceración de alrededor de 54.48 mg/mL, mientras que con ultrasonido es de aproximadamente 11.17 mg/mL, observando que el método de remojo por maceración hubo mayor concentración de proteínas comparado con el método de ultrasonido, presentando diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ )

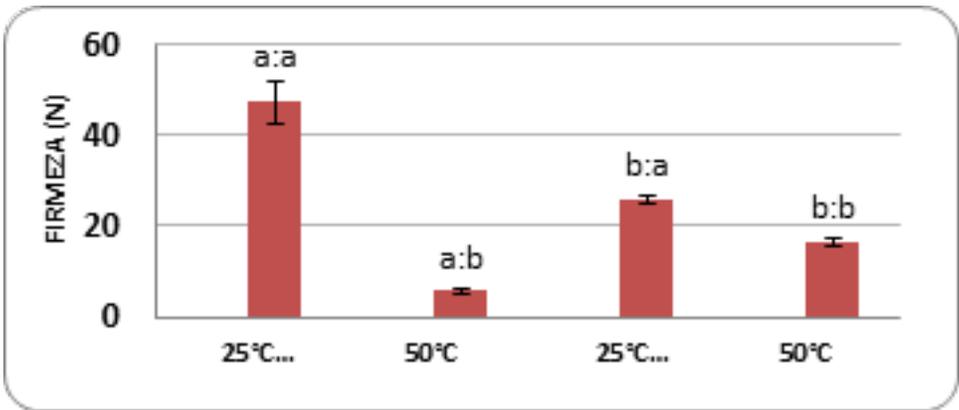
Las saponinas son metabolitos secundarios ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Actúan como una barrera química o compuestos de protección contra patógenos y herbívoros en el sistema de defensa de las plantas. El nombre de estos compuestos deriva de la capacidad de formar espumas estables similares al jabón en soluciones acuosas y se dividen en dos clases principales: glucósidos triterpenoides y esteroides. Las condiciones de procesamiento como el calor, el pH, la matriz y los disolventes pueden afectar el contenido de saponina y su perfil en los alimentos (Güçlü-Üstündağ & Mazza, 2007).



**Figura 2.** . Evaluación del contenido de saponinas presentes en el agua de remojo de garbanzo

En cuanto a las saponinas, los resultados obtenidos se observan en la Figura 2, en donde hay efecto por la temperatura de remojo, ya que al incrementar la temperatura a 50 °C se observa un mayor contenido de saponinas en el caso de maceración de alrededor de 40.06%, mientras que con ultrasonido es de aproximadamente 18.27% presentando diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ). El método de remojo influyó ya que en el de maceración se percibe una mayor cantidad de saponinas alrededor de 2 veces más comparado con el método de ultrasonido, presentando diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ )

El contenido de humedad de la semilla aumenta con el tiempo de remojo, el uso de tratamientos de ultrasonido y el aumento de la potencia de ultrasonido utilizada a todas las temperaturas. La absorción de agua cesa cuando la semilla alcanza el contenido de agua de equilibrio. El ultrasonido de potencia introduce esa variación de presión en las interfaces sólido/líquido y, por lo tanto, aumenta la tasa de absorción de humedad, produciendo cambios en la firmeza del grano del garbanzo. En la figura 3, se puede observar que hubo diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) entre el método de maceración y ultrasonido, presentando mayor firmeza los granos remojados por maceración, este efecto puede ser debido a que con el ultrasonido hay mayor rompimiento de la pared celular amplificada por el incremento de temperatura. Por otro lado, la temperatura también tuvo efecto en la firmeza de los granos, en donde aquellos garbanzos que fueron remojados a 50 °C, los cuales presentaron una media de 12 N, comparado con alrededor de 40 N de los granos remojados a 25 °C, presentando diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ).

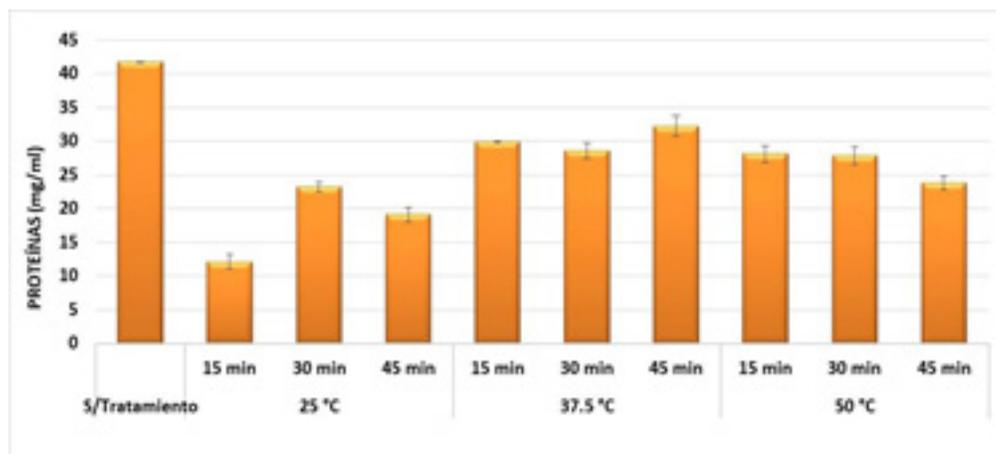


**Figura 3.** Evaluación de la firmeza del garbanzo después del proceso de remojo.

## Evaluación de los métodos de ultrasonido en el aquafaba sobre los compuestos funcionales.

Entre los componentes principales del aquafaba nos encontramos con las proteínas, las cuales son moléculas anfifílicas que contienen grupos hidrófilos e hidrófobos. Los grupos hidrófilos interactúan con el agua, mientras que los grupos hidrófobos estabilizan las interacciones con la fase gaseosa/aceite. Por lo tanto, estas moléculas se agregan en la interfaz aire-agua/agua-aceite y reducen la tensión interfacial de la solución. Esta menor tensión interfacial permite la encapsulación de burbujas de aire o gotas de aceite y la asociación de moléculas de proteínas, dando lugar a una película cohesiva intermolecular con suficiente elasticidad para estabilizar espumas y emulsiones.

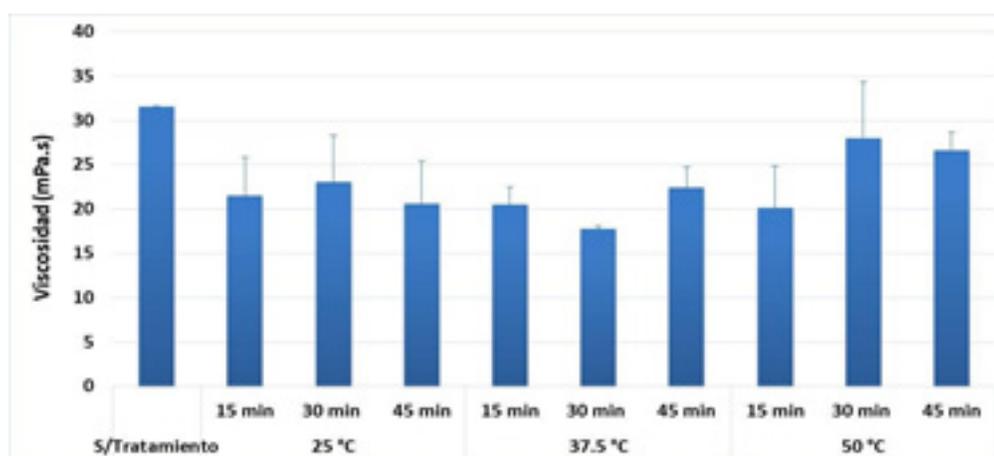
En la figura 4, se observa que el control presentó mayor contenido de proteínas, observando que el aquafaba tratado por ultrasonido disminuyó alrededor del 50 % comparado con la muestra que no fue tratada. En el caso del aquafaba tratada por ultrasonido se observó menor concentración de proteína en las tratadas a 25 °C con una media de 18.13 mg/mL, seguido de los tratados a 50 °C con 26.58 mg/mL, mientras que los tratados a 37.5 °C presentaron una concentración de alrededor de 30.24 mg/mL. Por parte del tiempo, este no presentó diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ). El contenido de proteínas puede verse afectado por el proceso de cavitación, ya que este fenómeno puede llegar a degradar las proteínas contenidas en la muestra lo cual podría traducirse en la disminución de la concentración de estas en la muestra.



**Figura 4.** Evaluación del contenido de proteína en el aquafaba.

Un componente que en su momento se consideró no deseado dentro de las leguminosas, son las saponinas, los cuales son metabolitos secundarios los cuales actualmente han sido reconocidos por sus propiedades biológicas, como es su actividad antitumoral, antiinflamatoria, homolítica y fungicida. También son compuestos que están relacionados con algunas propiedades funcionales dentro de las leguminosas, como es la capacidad espumante, por lo que evaluar el contenido de estos compuestos dentro del aquafaba y el efecto del ultrasonido sobre estos compuestos. En el caso de las saponinas del aquafaba, estas incrementaron con el tratamiento de ultrasonido en alrededor de 10 mg/mL comparado con el aquafaba sin tratamiento (17.5 mg/mL), mientras que en el producto tratado por 37.5 °C disminuyó con alrededor de 5 mg/mL, mientras que, a 50 °C, la concentración de saponinas fue similar a lo presentado por el aquafaba sin tratamiento.

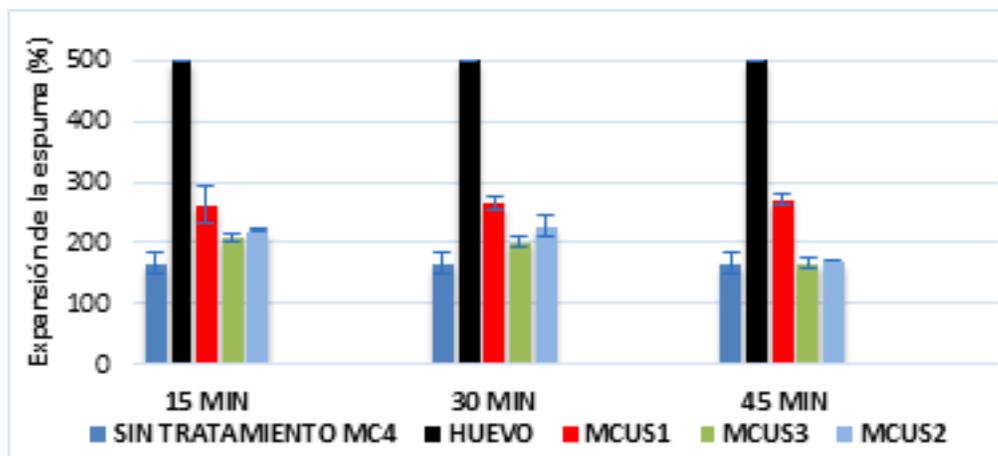
La viscosidad de Aquafaba se ve afectada por el contenido de proteínas y carbohidratos insolubles (especialmente celulosa y pectina) y diferentes tipos de interacciones entre estas moléculas durante la preparación de aquafaba. La viscosidad también varía significativamente dependiendo de su composición inicial y métodos de procesamiento. En la figura 5 se visualiza que en general no hay diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) en la viscosidad tratada con ultrasonido. Sin embargo, la que no fue tratada sí mostró un valor de viscosidad mayor a comparación de las que se trataron con ultrasonido. Esto puede deberse a que el ultrasonido redujo el tamaño de partícula y homogeneizó la grasa y proteínas presentes en el aquafaba, afectando así directamente en la viscosidad.



**Figura 5.** Viscosidad del aquafaba a diferentes tratamientos de ultrasonido.

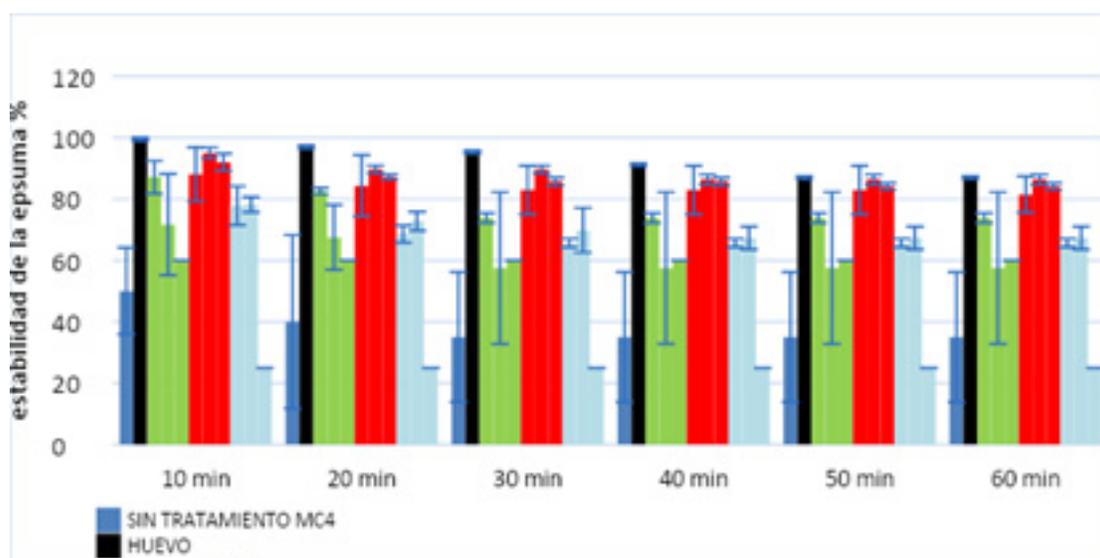
Debido a los polisacáridos del garbanzo que contienen propiedades prominentes de retención de agua y espesamiento debido a su carácter hidrófilo y alto peso molecular, mejoran la estabilidad de la emulsión y la formación de espuma al gelificar o modificar la viscosidad de la fase continua acuosa, lo que mejora el control de sobrepaso para ralentizar el movimiento y los encuentros de gotas / burbujas (Shim et al, 2018). Y las saponinas, que pueden considerarse tensioactivos no iónicos debido a su estructura anfipática que comprende una aglicona soluble en lípidos (derivados de triterpenos o esteroides) y una fracción de glucósido soluble en agua, que pueden interactuar con la proteína para formar complejos de alto peso molecular, así como aumentar la agregación de proteínas y modificar la estabilidad térmica de las proteínas y las propiedades de la superficie durante el calentamiento (Güçlü-Üstündağ & Mazza, 2007). Esta interacción podría contribuir a mejorar las propiedades de la espuma y la emulsión de proteínas.

En la figura 6 el huevo muestra la mejor capacidad espumante con 500% mientras que el más bajo fue el aquafaba sin tratar con 166.66%. Para las muestras tratadas con ultrasonido mejoró para el tratamiento MCUS1 en todos los tiempos utilizados, sin embargo, en los tratamientos MCUS2 Y MCUS3 disminuye conforme aumentaba el tiempo de sonicación.



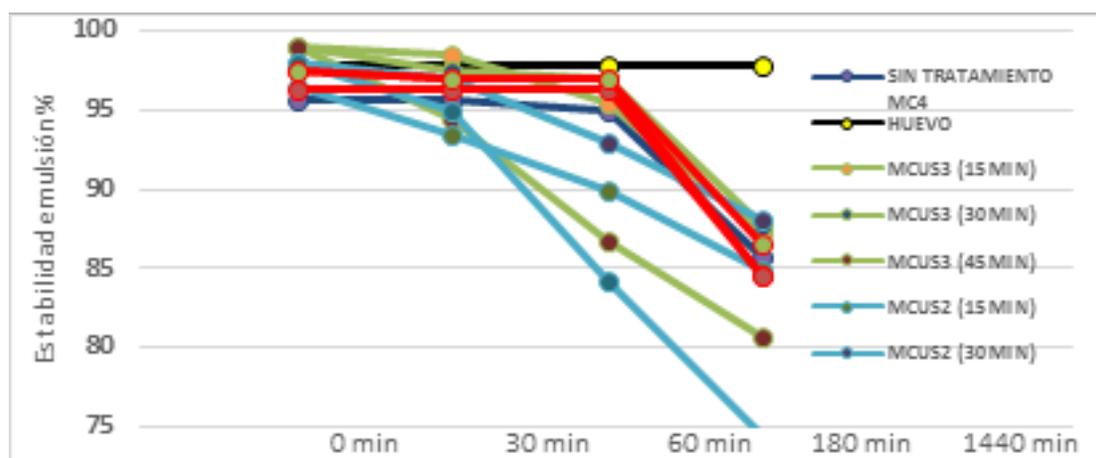
**Figura 6.** Expansión de la espuma (%) realizada con aquafaba a diferentes tratamientos de ultrasonido (MCUS1 25 °C, MCUS3 50°C y MCUS2 37.5 °C).

Por otro lado, para la estabilidad de la espuma como se muestra en la figura 7, se notó un cambio significativo entre las muestras de ultrasonido y la que no fue tratada. Mostrando así que este tratamiento pudo haber modificado la estructura de las proteínas, y homogenizó el contenido presente en el aquafaba, haciendo que se presentaron interacciones que competían con las de Van der Waals. Como en las demás pruebas, el mejor tratamiento fue el MCUS1 para todos los tiempos manejados de sonicación mostrando la mejor estabilidad de la espuma en comparación con los otros tratamientos.



**Figura 7.** Estabilidad de la espuma (%) de aquafaba obtenida a diferentes tratamientos de ultrasonido.

En la figura 8 se puede observar que el huevo es el mejor para estabilizar emulsiones y no hubo variaciones de volumen con respecto al tiempo. Se observa que el tratamiento MCUS1 sigue el comportamiento del huevo hasta las 3 h, ya que después se desestabiliza y se separan las fases, sin embargo, es muy poco el volumen que se desestabiliza del sistema. También se muestra como en los tratamientos de 45 min de MCUS2 Y MCUS3 existe una disminución significativa del volumen desestabilizando por completo al sistema.



**Figura 8.** Estabilidad de la emulsión (%) realizada con aquafaba a diferentes tratamientos de ultrasonido.

## Conclusiones

El tratamiento de ultrasonido mejoró positivamente la expansión y estabilidad de la espuma a comparación del que no fue tratado, ya que mejora la homogeneidad de las espumas. La capacidad emulsionante del aquafaba también se vio afectada positivamente ya que la estabilidad de la emulsión aumentó después del tratamiento de ultrasonido. El mejor tratamiento de remojo fue el de 25 °C durante 60 min en ultrasonido, ya que se retuvo contenido tanto de proteínas y saponinas, permitiendo que la firmeza disminuyera para que ayudará en la posterior cocción del garbanzo. De acuerdo con los resultados, el mejor tratamiento de ultrasonido realizado a 25 °C por 45 min ya que incrementó y mejoró la capacidad de la espuma y de la emulsión, mientras que el tratamiento realizado a 37.5 °C mostró una disminución significativa en los resultados de espuma y emulsión, esto pudo deberse a una contaminación del producto, lo que ocasionó que el pH disminuye y las proteínas se desnaturalizan por completo. El tratamiento de remojo por ultrasonido pudo haber alterado estructura química de los nutrientes del garbanzo afectando con esto los resultados posteriores. Aunado a esto las condiciones ambientales y de almacenamiento también pudieron haber afectado en la realización de las pruebas.

## Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por la cátedra “Aplicación de ultrasonido para la elaboración de una bebida vegetal y su efecto en parámetros microbiológicos, químicos, nutricionales y sensoriales” con clave CI2246 de la UNAM.

## Referencias

- Campo-Vera, Y.; Gélvez-Ordoñez, V. M.; Ayala-Aponte, A (2018). Ultrasonido en el procesamiento (homogenización, extracción y secado) de alimentos. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. 16(1) 102:113. DOI 10.18684/bsaa.v16n1.628.
- Cooper D.G., Goldenberg B.G. (1987) Surface-active agents from two *Bacillus* species. *Microbiología Aplicada y Ambiental*. 53 (2) 224-9. <https://doi.org/10.1128/aem.53.2.224-229.1987>
- Güçlü-Üstündağ Özlem, Mazza Giuseppe. (2007). Saponinas: Propiedades, Aplicaciones y Procesamiento. *Food Science and Nutrition*. 47(3). 231:258. <https://doi.org/10.1080/10408390600698197>
- Monje, C. Y., Raffailac, J. P. (2006). Determinación de saponinas totales en quinua (*Chenopodium quinoa* Wild) por método espectrofotométrico. *Memorias de 4to. Congreso Nacional de la Asociación Boliviana de Protección Vegetal*. Oruro, 5 al 7 de abril 2006. C.E.A.C. Dpto. Fototecnia. FCAPV VIO. ABPV, Oruro, Bolivia. 217:218.
- Mariana Cassel Meurer, Daiana de Souza, Lígia Damasceno Ferreira Marczak. (2020). Effects of ultrasound on technological properties of chickpea cooking water (aquafaba). *Journal of Food Engineering*. 265. 8260:8774, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109688>.
- Shim et al., 2018, Y.Y. Shim, R. Mustafa, J. Shen, K. Ratanapariyanuch, M.J.T. Reaney. (2018). Composición y propiedades de aquafaba: Agua recuperada de garbanzos enlatados comercialmente. *Journal of Visualized Experiments*. 132.1:14, 10.3791/56305
- Shim, Youn Y., Yue He, Ji H. Kim, Jae Y. Cho, Venkatesh Meda, Wan S. Hong, Weon-Sun Shin, Sang J. Kang y Martin JT Reaney. (2021). Aquafaba de soja coreanaI: un aditivo alimentario vegano funcional. *Foods*. 10(10). 2433. <https://doi.org/10.3390/foods10102433>
- Vargas-Blandino, D. (2021). Cultivo del garbanzo, una posible solución frente al cambio climático. *INCA*. <https://www.redalyc.org/journal/1932/193266707009/html>
- Yue He, Venkatesh Meda, Martin J.T. Reaney, Rana Mustafa. (2021). Aquafaba, a new plant-based rheological additive for food applications. *Trends in Food Science & Technology*. 111 27:42. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.035>.

# SECADO SOLAR DE CHILE HABANERO (*Capsicum chinense*) COMO ALTERNATIVA AL SECADO CONVENCIONAL.

*Vilchis Aguilar Ayrton Abraham<sup>1</sup>, Ma. Andrea Trejo Márquez<sup>1</sup>,  
Gabriela Hermosillo Moreno<sup>1</sup>, Selene Pascual Bustamante<sup>1</sup>.*

*<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Laboratorio de postcosecha de productos vegetales, Centro de Asimilación Tecnológica, Jiménez Cantú s/n San Juan Atlámica, C.P. 54729, Cuautitlán Izcalli, Edo. De México, México,*

*e-mail: andreatrejo@unam.mx*

## Resumen

La deshidratación del chile habanero es una de las técnicas más utilizadas para conservar el fruto, sin embargo, existen algunas desventajas como lo es el cambio de coloración, la pérdida de nutrientes y costos, por lo cual se han buscado alternativas como lo es el secado solar, el cual ofrece beneficios, en el presente trabajo el objetivo fue evaluar el efecto de dos métodos de secado, sobre componentes químicos como son la vitamina C. En los resultados encontrados se observó que el secado solar requirió de mayor tiempo de exposición llegando a 12 horas de proceso, mientras que el secado convencional fue de 8 horas, en cuanto a la vitamina C el secado solar no hubo diferencia significativa por la aplicación del método, reduciendo en ambos casos hasta un 70 % de lo contenido en el chile habanero. Concluyendo que el secado solar puede ser una alternativa sólo considerando la cuestión económica, ya que reduce el gasto energético, pero no así los tiempos de proceso, bajo las condiciones aquí estudiadas.

**Palabras clave:** deshidratación, conservación, energía solar, radiación, calor.

---

## Antecedentes

El chile habanero, es una planta herbácea o arbusto, ramificados, que alcanzan un tamaño de hasta 2,5 m de alto. Los ejemplares inmaduros del chile habanero son de color verde, pero su color varía en la madurez. Los colores más comunes son anaranjados, semi maduros y rojos al madurar. Debido a sus distintas propiedades, el chile habanero es utilizado en rubros diferentes como la gastronomía, medicina e industria química. El 80% de la producción de chile habanero se comercializa como fruto fresco y el 20% restante se dirige a la elaboración de salsas, pastas y deshidratados. Se exporta principalmente a Estados Unidos, Japón, Corea del Sur, Italia y Alemania (Fideicomiso de riesgo compartido, 2022).

Tradicionalmente se vende fresco para consumo directo o como una materia prima para preparar salsas picantes, pero también existen diferentes empresas en el mercado que se encarga de procesarlo y distribuirlo tanto en el país como en el extranjero, en forma de chile seco entero, en polvo, para producir pasta y chile seco en hojuelas o en conserva, entre otras presentaciones (Fernández, 2014). El secado o deshidratación de materiales biológicos (en especial los alimentos), se usa también como técnica de preservación. Los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y multiplicarse en ausencia de agua (Geankoplis, 1998).

Existen diferentes métodos de secado como el tradicional secado al aire libre, utilizando secadores por medio de flujo de aire caliente, microondas, liofilización, atomización, deshidratación osmótica, secado al vacío, congelación al vacío, entre otros, los cuales han sido aplicados a granos, frutas y vegetales. El secado solar ha tenido un rápido desarrollo, debido a su tecnología sencilla, de fácil operación y se disminuyen los costos y mejora la eficiencia (Venegas, 2016).

El objetivo del secado solar es deshidratar los excedentes de producción agrícola, con fines de autoconsumo, doméstico o de venta local en mercados de vecindad inmediata, y con ello, evitar algunos de los inconvenientes que presenta el secado al Sol tradicional. También, el producto seco puede ser usado por sectores industriales como materia prima para la elaboración de diversos productos, por ejemplo: alimentos infantiles, postres, harinas, etc. (Leyva, 1991).

## Objetivo

Evaluar el proceso de secado solar sobre el chile habanero como método alternativo comparándolo con el secado convencional, evaluando las características físicas, químicas y fisicoquímicas del producto seco para definir cuál es el tipo de secado más conveniente.

## Parte experimental

**Material Biológico.** Los chiles habaneros empleados se obtuvieron de la central de abastos de Tultitlan, los cuales se separaron por colores (verde, amarillo, amarillo-naranja, naranja, rojo) y se les determinó su color con un colorímetro Marca Minolta, con ello se pudo clasificar el color con el que se trabajaría. Se decidió trabajar únicamente con los chiles de la gama de colores amarillo-naranja y naranja, debido a que había en mayor cantidad y por estar en medio de la maduración del chile habanero.

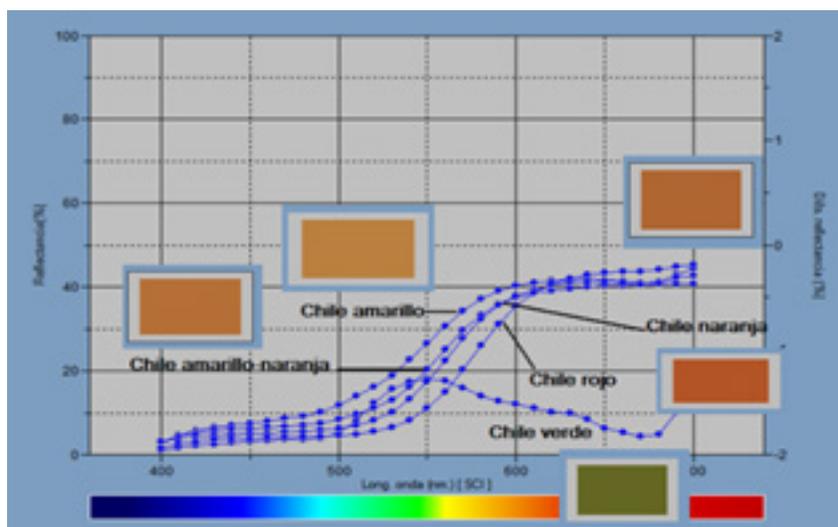
**Caracterización del chile habanero.** En las actividades preliminares se determinó el pH (A.O.A.C., 2000), acidez (NMX-F-102-S-1978), °Brix (A.O.A.C., 2000), humedad (Pearson, 1998) y vitamina C (Pearson, 1998) del chile fresco, esto con la finalidad de obtener los valores iniciales del fruto y así poder determinar la diferencia que existe con el producto seco en cada uno de los tipos de secado.

**Secado de chile habanero.** Para realizar las pruebas de secado, el chile habanero fue cortado con un espesor de 5mm sin dejar semillas.

El secado solar se trabajó durante las horas donde hubiera mayor energía solar (entre las 10:00 am y las 4:00 pm), alcanzando temperaturas de hasta 60 °C, durante los meses de mayo a julio. En cuanto al secado convencional, este se realizó en un horno de convección Marca BIOBASE, empleando una temperatura de 65 °C. En ambos casos se monitoreo la temperatura interna y la humedad relativa. El secado se detuvo hasta que la muestra alcanzara el 5 % de humedad, la cual fue medida con ayuda de la termobalanza. A las muestras deshidratadas se les evaluaron los mismos parámetros fisicoquímicos.

## Resultados y discusión

El color es un parámetro físico de suma relevancia en los productos vegetales, ya que se relaciona de manera directa con la calidad del producto. El consumidor tiene preferencia por productos con un color característico, ya que se relaciona con la palatabilidad, sabor y gusto. También el color se relaciona con la madurez del producto, en el caso de chile habanero tiene la cualidad de presentarse en diversos tonos, lo que da mayor variabilidad al consumidor, pudiendo ir desde tonos verdes hasta colores rojos. En la Figura 1, se presentan los espectros de color obtenidos de los chiles adquiridos en la central de abastos, para la clasificación de ellos.



**Figura 1.** Espectro de colores del chile habanero.

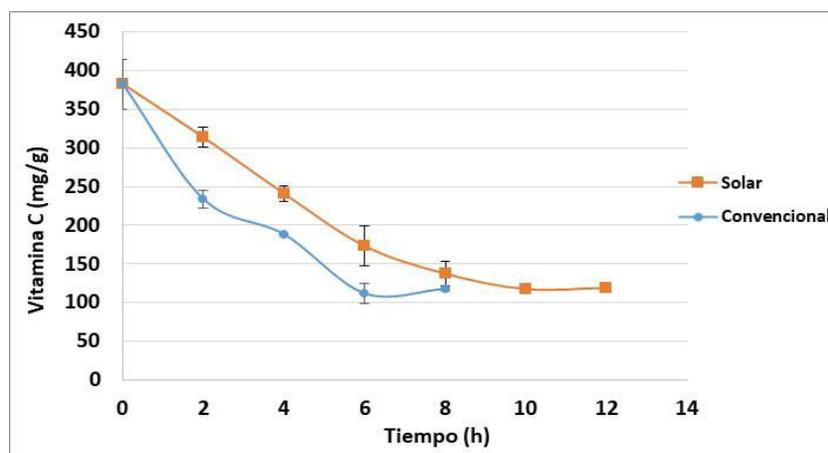
Como se observó en la figura 1, el color de los chiles obtenidos fue variable, encontrándose la reflexión después de los 600 nm, en donde se encuentra principalmente las tonalidades anaranjadas a rojas, mientras que solo los chiles verdes obtuvieron el máximo de reflectancia en la longitud de onda de 550 nm.

En cuanto a la evaluación de los parámetros fisicoquímicos se determinaron los cambios que se pueden dar por el proceso de secado. En la Tabla 1 se presentan los resultados obtenidos

**Tabla 1.** Evaluación del cambio de parámetros fisicoquímicos en el chile habanero.

	Chile Fresco	Chile secado convencional	Chile secado solar
pH	5.36 ± 0.07 a	5.59 ± 0.04 b	5.37 ± 0.07 a
Sólidos solubles (°Brix)	1.23 ± 0.08 a	2.96 ± 0.08 b	2.95 ± 0.08 b
Acidez (%)	0.05 ± 0.01 a	0.08 ± 0.03 b	0.07 ± 0.01 a, b

En cuanto a los cambios en los parámetros fisicoquímicos del chile habanero, se observó en el caso del pH el chile habanero secado con el método convencional presentó diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) con respecto a los resultados obtenidos en el chile fresco y el chile secado por el método solar, siendo mayor el pH en el chile secado convencionalmente. En cuanto a los sólidos solubles se observó diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ) del chile fresco con respecto a los chiles secados por ambos métodos, siendo aproximadamente dos veces más la cantidad de sólidos solubles presentes en los chiles secos, este incremento está relacionado con la disminución del agua contenida dentro del producto. Por último, en cuanto a la acidez, los chiles secados con el método convencional y los frescos fueron los que presentaron diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ). En cuanto al efecto del secado sobre la vitamina C contenida en el chile habanero se realizó una cinética de la pérdida de este componente, en donde se observaron los cambios obtenidos, durante el proceso de secado de ambos métodos. Los resultados obtenidos se presentan en la Figura 2.

**Figura 2.** Evaluación de la pérdida de vitamina C durante el proceso de secado de chile habanero por el método convencional y el solar.

Como se observa en la figura 2, durante las primeras horas de secado, el secado solar presentó menor pérdida de vitamina C, comparado con el secado convencional presentando diferencia significativa ( $p \leq 0.05$ ), llegando a disminuir aproximadamente el 50 % de lo contenido en el chile habanero fresco. Sin embargo, a las ocho horas de secado tanto el convencional como el secado solar no presentan diferencia significativa en el contenido de vitamina C ( $p \geq 0.05$ ), presentando valores de aproximadamente 117 a 119 mg/g. Esta reducción en el contenido de vitamina C está relacionado con el incremento de temperatura que se genera por el proceso, ya que la vitamina C es un compuesto sensible al incremento de temperatura. Es importante señalar que a pesar de que al final del proceso el chile secado por el método convencional y el solar el contenido de vitamina C llegó a concentraciones similares, durante el proceso de secado solar la vitamina C se degradó en menor medida comparado con el convencional, lo cual puede estar relacionado, que a pesar de que el tiempo de secado es mayor el proceso es menos agresivo en comparación con el secado convencional.

## Conclusiones

El secado de chile habanero es una opción altamente recomendada para la conservación del fruto, los diferentes métodos pueden llegar a ser aplicados, en el caso del secado solar el efecto es similar al secado convencional, sin embargo, se debe considerar que el costo del proceso disminuye significativamente y permite tener procesos más económicos con productos similares. Por otra parte, es importante señalar que el secado solar se encuentra condicionado a las condiciones climáticas por lo que la efectividad del proceso puede ser mejorada si el proceso se lleva a cabo en lugares con mayor incidencia de radiación y humedades relativas más bajas.

## Agradecimientos

Este proyecto fue financiado por la cátedra “Aplicación de ultrasonido para la elaboración de una bebida vegetal y su efecto en parámetros microbiológicos, químicos, nutricionales y sensoriales” con clave CI2246 de la UNAM.

## Referencias

- A.O.A.C. (2000) Official methods of analysis, USA Fideicomiso de riesgo compartido.
- (2021). Chile Habanero, con Denominación de Origen. (2017, 31 mayo). Gobierno de México. Recuperado 27 de junio de 2022, de <https://www.gob.mx/firco/articulos/chile-habanero-con-denominacion-de-origen?idiom=es#:~:text=El%20chile%20habanero%2C%20es%20una,semimaduros%20y%20rojos%20al%20madurar>.
- Fernández Hernández, R. (2014). Proyecto de inversión para un invernadero rústico en la producción de chile habanero (*Capsicum chinense* JACQ) en Nuevo Progreso, Bacalar Quintana Roo.
- Geankoplis, C. J. 1998. “Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias”. 3a ed. Compañía Editorial Continental. México.
- Leyva, R. & Téllez F. (1991). Secado solar de plátano (*Musa sapientum* lacatán) como alternativa al secado convencional para su aplicación a nivel rural. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. México <http://132.248.9.195/pmig2018/0171944/Index.html>
- NMX-F-102-S-1978. Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas. Norma mexicana. Dirección general de normas.
- Pearson, D. (1998). Técnicas de laboratorio para el análisis de alimentos, Editorial Acirbia, S.A., Zaragoza, Pp.332.
- Venegas Cruz, O.S. (2016). *Secado solar de jitomate saladet (Lycopersicum esculentum): Parámetros de calidad*. Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México. México <http://132.248.9.195/ptd2016/septiembre/0750703/Index.html>

# CONTROL QUÍMICO DEL PULGÓN VERDE (*Aphis gossypii*) EN CALABACÍN (*Cucurbita pepo*)

José Francisco Díaz Najera\*<sup>1</sup>, Sergio Ayvar Serna<sup>1</sup>, Mateo Vargas Hernández<sup>2</sup>,  
Josué Pintor Alejo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, [apigro1988@hotmail.com](mailto:apigro1988@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo

<sup>3</sup>Colegio de Postgraduados Campus Montecillos, [pintor408@gmail.com](mailto:pintor408@gmail.com)

## Resumen

El pulgón verde es una especie de insectos que amenaza la producción de calabaza ya que causa daños significativos al alimentarse de la savia, siendo el responsable de la transmisión de virus de importancia económica. La presente investigación se realizó durante el ciclo de invierno-primavera del 2015 en el campo experimental del Colegio Superior del Estado de Guerrero, bajo el objetivo de evaluar alternativas de manejo incluyendo tácticas químicas y orgánicas contra *Aphis gossypii*. Se evaluaron tres insecticidas comerciales más un testigo sobre el control del pulgón distribuidos en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. El efecto de los tratamientos se midió realizando conteos del número de áfidos en hojas de calabaza y se calculó la efectividad biológica de los tratamientos mediante la prueba de eficacia de Abbott. El análisis de varianza arrojó evidencia altamente significativa ( $p < 0.0001$ ) para el número de áfidos en las hojas.

**Palabras clave:** *Aphis gossypii*, Calabaza, Control, efectividad.

---

## Antecedentes

La producción de calabaza a campo abierto desde la siembra hasta la cosecha se haya expuesta a muchas adversidades entre ellas se ve amenazada por la presencia de ciertas plagas dentro de las que sobresalen *Aphis gossypii* y *Myzus persicae*, como las especies de pulgones más comunes y abundantes, los cuales forman colonias y se distribuyen en focos que se dispersan, principalmente en primavera y otoño, mediante las hembras aladas (Zitter *et al.*, 2004). *Aphis gossypii* es actualmente la especie más común que ataca el algodón y en otros cultivos de la misma familia (Malvaceae), y dentro de las cucurbitáceas. Los principales daños que ocasionan son la extracción de la savia y transmisión de virus de importancia económica, la cual es transmitida de manera no-persistente, como es el caso del virus del mosaico del pepino (Zitter *et al.*, 2004). Existen en el mercado una amplia gama de formulaciones químicas que funcionan para controlar las poblaciones de esta plaga los cuales ya han sido validados, además también podemos encontrar en el mercado nueva moléculas alternativas para el manejo de la mosca blanca que igualmente pueden tener efecto en el control de los áfidos, por lo tanto es importante realizar estudios que nos permitan obtener información acerca de la efectividad de estas moléculas y la combinación de las mismas, para de esta manera validarlas y recomendarlas en el control de *Aphis gossypii*.

## Objetivo

**Evaluar alternativas de manejo incluyendo tácticas químicas y orgánicas contra *Aphis gossypii* en el cultivo de calabaza (*Cucurbita pepo*).**

## Materiales y métodos

La presente investigación se realizó durante el ciclo primavera-verano del 2015 en el campo experimental del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. El material vegetal utilizado fue calabacín de la variedad Terminator<sup>®</sup>. Los tratamientos utilizados se describen en el cuadro 1, los cuales se distribuyeron en campo en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones. La variable de respuesta consistió en el número de áfidos y se calculó la efectividad biológica de los tratamientos con la prueba de eficiencia de Abbott. Los datos obtenidos en campo

se sometieron a un análisis de varianza y una prueba de comparaciones múltiples de medias por el método Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

**Cuadro 1.** *Tratamientos evaluados en el control químico de Aphis gossypii en el cultivo de calabacita.*

No.	Tratamiento	Ingrediente activo	No. de aplicaciones
1	Testigo	-----	-----
2	Confidor®+ Movento®	Imidacloprid + Spirotretamat	
3	Muralla Max®	Imidacloprid + betacyflutrin	2
4	Movento®	Spirotretamat	2

## Resultados y discusión

El número de áfidos mostro evidencias altamente significativa en el análisis de varianza ( $P<0.0001$ ) y en la comparación de medias por el método tukey ( $\alpha=0.05$ ) en los muestreos de ambas fechas en el testigo se encontró la mayor incidencia de *Aphis gossypii*. En la primera fecha de muestreo se encontró que el menor número de pulgones se presentó en las unidades experimentales tratadas con Movento® (Spirotretamat) con una eficiencia de control de 85.02%, en la segunda fecha de muestreo la combinación de los insecticidas Confidor®+ Movento® (Imidacloprid + Spirotretamat) registraron una menor incidencia de pulgones con una eficiencia de control de 97.50 % (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** *Datos promedio de la prueba complementaria Tukey del número promedio de Aphis gossypii por hoja de calabacita en respuesta a la aplicación de insecticidas químicos en condiciones de intemperie.*

No.	Tratamiento	Muestreo		Eficacia Abbott (%)	
		1	2	1	2
1	Testigo	1.67 a	10.00 a		
2	Confidor®+ Movento®	0.50 b	0.25 b	70.05	97.50
3	Muralla Max®	0.33 b	0.33 b	80.23	96.70
4	Movento®	0.25 b	0.33 b	85.02	96.70
	DMS	0.75	1.27		

Smith y Nagle (2014), evaluaron la combinación de modos de acción contra *Bemisia tabaci* y reportaron que las densidades de adultos fueron los más bajos con Flupyradifurone (Sivanto®prime), dichos resultados son similares a los reportados en el presente estudio contra *Aphis gossypii*.

Fernández (2013), en un estudio de resistencia a insecticidas en *Bemisia tabaci* (Gennadius), confirma que en sus resultados *B. tabaci* expresa su resistencia en los neonicotinoides en adultos, es decir que el mecanismo de resistencia es específico del estado de desarrollo, sin embargo, en el presente ensayo *A. gossypii* resultó ser sensible al Imidacloprid + Spirotretamat dado que redujo significativamente las poblaciones del pulgón y además registró la mayor eficacia de control.

## Conclusiones

La efectividad biológica del tratamiento Confidor®+Movento® fluctuó de 70.05 a 97.50% a través de todas las dos evaluaciones, para Muralla Max® la eficacia varió de 80.23 a 96.70% (en la primera y segunda aplicación) finalmente para Movento® la eficacia osciló de 85.02 a 96.70%. Todos los productos evaluados se recomiendan para el manejo integrado de del pulgón *A. gossypii* ya que la efectividad de los productos evaluados solos y combinados fue mayor del 95 %.

## Agradecimientos

Al Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero por facilitar los productos, así como, permitir el libre uso de la parcela experimental para que esta investigación se llevase a cabo.

## Referencias

- Fernández, G. M. E. (2013). Resistencia a insecticidas en *Bemisia tabaci* (Gennadius): nivel de resistencia, resistencias cruzadas y mecanismos implicados. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Cartagena. Departamento de Producción Vegetal. Murcia, España. p. 100
- Smith, H. A. and Nagle, C. A. (2014). Combining novel modes of action for early-season management of *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) and tomato yellow leaf curl virus in tomato. *Florida Entomologist*. 97 (4): 1750-1765.
- Zitter, T. A., Hopkins, D. L and Thomas, C. E. (2004.) Plagas y enfermedades de las cucurbitáceas. The American Phytopathological Society. Ediciones Mundi Prensa. 88 p.

# CONTROL QUÍMICO DEL PULGÓN AMARILLO EN SORGO EN CONDICIONES DE INVERNADERO

*José David Rayo Servín<sup>1</sup>, José Francisco Díaz Nájera<sup>1</sup>, Sergio Ayvar Serna<sup>1</sup>, Manuel Alejandro Tejeda Reyes<sup>2</sup>, Maricela Apáez Barrios<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Centro de Estudios Profesionales, Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, [to231223@gmail.com](mailto:to231223@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo, [manuel.tejeda.r@gmail.com](mailto:manuel.tejeda.r@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo, [maricela.apaez@umich.mx](mailto:maricela.apaez@umich.mx)

## Resumen

El ensayo se estableció en un invernadero del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, México, durante los meses de Marzo y Mayo del 2022, con el objetivo de determinar el efecto provocado por las dosis (100, 125, 150 y 200 mL ha<sup>-1</sup>) del producto comercial Sivanto Prime® (Flupyradifurone) sobre la incidencia de *Melanaphis sacchari* en sorgo y determinar la dosis adecuada para su control. Los 5 tratamientos se establecieron de acuerdo a un diseño experimental de bloques completamente al azar con 6 repeticiones. Las unidades experimentales estuvieron constituidas por bolsas de polietileno color negro y se llenaron con 2 kg de arcilla, en las que se sembró semilla del genotipo 85P20 de sorgo dulce. A los datos obtenidos de las variables se les realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Todas las dosis de Flupyradifurone registraron diferencias significativas sobre la incidencia de pulgón amarillo.

**Palabras clave:** Sorgo, Invernadero, Pulgón amarillo, Control químico, Eficiencia

## Antecedentes

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), es el quinto cereal más importante a nivel mundial después del trigo, del maíz y del arroz. El sorgo se utiliza como un cultivo de doble propósito, produciendo grano para el consumo humano o grano y forraje para el ganado (Gutiérrez *et al.*, 2013). El sorgo es un cultivo rústico, adaptado a ambientes restrictivos, eficiente en el uso del agua y capaz de concretar buenos rendimientos de biomasa y/o de grano. Anteriormente la producción de sorgo se empleaba para el consumo humano, pero en la actualidad la mayor parte de la producción mundial se usa para la complementación del alimento en la ganadería (Pérez *et al.*, 2010). Una plaga emergente y con gran preferencia por el sorgo es *Melanaphis sacchari*. Sus hospederos primarios son el sorgo, caña de azúcar, trigo, cebada, avena y como secundarios maíz, arroz.

*M. sacchari* puede causar daños directos e indirectos desde la implantación del sorgo variando entre 20-100 %, correspondiendo el extremo superior a infestaciones tempranas. En 2021, se observaron importantes daños de pulgones en sorgo y maíz a nivel nacional concordando con los denotados en EEUU y México en 2013 (Cuitiño *et al.*, 2021). Esta plaga es una especie invasiva de reciente introducción en México y se ha convertido de forma rápida en una plaga de importancia en este cultivo en varios estados, de acuerdo a un estudio de Tejada *et al.* (2017).

## Objetivo

El objetivo del presente experimento fue validar dosis del producto comercial Sivanto Prime® (Flupyradifurone) sobre la incidencia de *M. sacchari* en sorgo y determinar la dosis adecuada para su control.

## Parte experimental

El experimento se llevó a cabo entre los meses de Marzo y Mayo del 2022 en el campo experimental del Centro de Estudios Profesionales del CSAEGRO ubicado en el km 14.5 de la carretera Iguala-Cocula, Guerrero a 18° 15' 52" N y 99° 38' 52", con clima cálido seco. Para el experimento se utilizó la semilla de sorgo 85P20 dulce y se estableció en un diseño de bloques completos al azar con 5 tratamientos (Cuadro 1)

y 6 repeticiones, dando como resultado un total de 30 unidades experimentales cada una constituida por una bolsa de polietileno, llenadas con 2 kg de arcilla y colocando 3 semillas en cada una. A los 30 días se infestó a las plántulas con pulgón amarillo para poder evaluar la variable de incidencia. La primer evaluación se realizó antes de la aplicación de los tratamientos y las siguientes se realizaron a las 24, 48, y 72 horas. A los datos obtenidos de la variable en estudio se le realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias Tukey ( $\alpha=0.05$ ), con la utilización del paquete estadístico SAS y un análisis de regresión lineal. También se estimó el porcentaje de efectividad del producto con la siguiente formula:

$$ET = (ST - st) / ST \times 100$$

Dónde: ET= Eficacia del tratamiento. ST= Porcentaje de incidencia en el testigo. st= Porcentaje de incidencia en cada tratamiento.

## Resultados y discusión

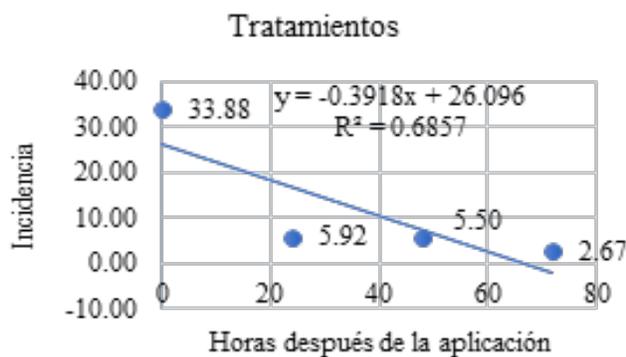
Se registraron diferencias significativas de las evaluaciones 2-4 sobre la incidencia de pulgón (Tabla 1). Las dosis aplicadas (100, 125, 150 y 200 mL ha<sup>-1</sup>) generaron un decremento de la población de la plaga.

**Tabla 1.** Comportamiento de la eficiencia de los tratamientos.

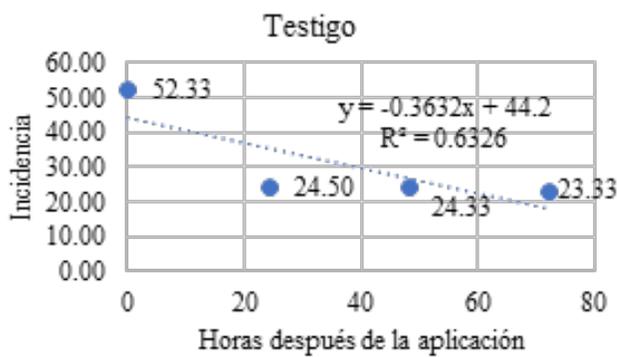
Trat/Dosis mL	Evaluación 1 (Pre evaluación)	Evaluación 1 (24 hda)	Evaluación 3 (48 hda)	Evaluación 4 (72 hda)
1) 100	42.83 a	5.67 b	7.83 b	4.18 b
2) 125	27.50 a	9.17 b	7.17 b	3.33 b
3) 150	26.00 a	6.67 b	6.00 b	3.17 b
4) 200	39.17 a	2.17 b	1.00 b	0.00 b
5) Testigo	52.33 a	24.50 b	24.33 a	23.33 a
Prob (Pr > F)	0.5058 <sup>NS</sup>	0.0011**	0.0029**	0.0017**

Valores de las medias con letras iguales en la misma columna son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). hda=horas después de la aplicación.

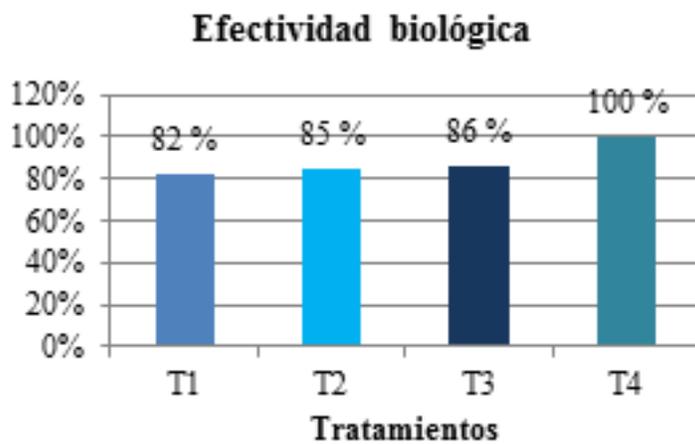
Los tratamientos se acoplaron a un modelo de regresión lineal con  $R^2 = 0.68$  (Figura 1) que presentó una disminución de  $-0.39$  cada 24 horas. Los datos del testigo se juntaron a una regresión lineal de  $R^2 = 0.63$  (Figura 2) con un descenso de  $-0.36$  cada 24 horas. En la cuarta evaluación se estimó que la efectividad biológica del tratamiento 1 fue del 85 %, del tratamiento 2 y 3 fue un 86 % y en el tratamiento 4 la eficiencia fue del 100 % (Figura 3).



**Figura 1.** Comportamiento de la incidencia del pulgón amarillo en los tratamientos



**Figura 2.** Comportamiento de la incidencia del pulgón amarillo en el testigo.



**Figura 3.** Efectividad de los tratamientos aplicados.

En un experimento realizado por Tejada *et al.* (2017) en el que evaluaron diferentes insecticidas sobre pulgón amarillo en sorgo obtuvieron resultados muy similares a los que se presentan en esta investigación con menos de 8 individuos por hoja en las últimas dos evaluaciones.

## Conclusiones

Todas las dosis de Flupyradifurone registraron diferencias significativas sobre la incidencia de pulgón amarillo. El tratamiento 4 registró una efectividad biológica del 100 %.

## Agradecimientos

Al Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, por brindar las facilidades para la realización de este trabajo de investigación.

## Referencias

- Cuitiño, M. J., Giambiasi, M., Morales, M. J., Buenahora, J. (2021). Plaga emergente en sorgo: *Melanaphis sacchari/sorghii* (Pulgón de la caña de azúcar). INIA. 66:90-94.
- Gutiérrez, P. N., Chow, W. Z., Bastianelli, D., Bonnal, L., Obando, S. R., Trouche, G. (2013). Productividad y calidad nutricional de genotipos de sorgo para doble propósito. *Agronomía Mesoamericana*. 24(1):119-131.
- Pérez, A., Saucedo, O., Iglesias, J., Wencomo, H. B., Reyes, F., Oquendo, G., Milián, I. (2010). Caracterización y potencialidades del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Pastos y Forrajes*. 33 (1):1-26.
- Tejada, R. M. A., Díaz, N. J. F., Rodríguez, M. J. C., Vargas, H. M., Solís, A. J. F., Ayvar, S. S., Flores, Y. J. A. (2017). Evaluation in field of insecticides on *Melanaphis sacchari* (Zehntner) in sorghum. *Southwestern Entomologist*. 42(2): 545-550. <https://doi.org/10.3958/059.042.0223>

# MANEJO CON INSECTICIDAS DE MOSCA BLANCA (*Bemisia tabaci*) EN PLÁNTULAS DE MELÓN (*Cucumis melo*)

Jaimés Rodríguez Cesar Axel<sup>1</sup>, José Francisco Díaz Nájera<sup>1</sup>, Sergio Ayvar Serna<sup>1</sup>, Manuel Alejandro Tejeda Reyes<sup>2</sup>, Maricela Apáez Barrios<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centro de Estudios Profesionales, Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, axeljaimésrodríguez25@gmail.com

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo, manuel.tejeda.r@gmail.com

<sup>3</sup>Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo, maricela.apaez@umich.mx

## Resumen

El melón (*Cucumis melo* L.) es un fruto apreciado por sus propiedades sensoriales, principalmente por su aroma y sabor, además de ser un producto de gran importancia comercial. Una de las principales plagas en el cultivo del melón es la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Aleyrodidae), la cual es responsable de pérdidas severas en el sector melonero, debido a la transmisión de virus. El objetivo de este experimento es evaluar la eficiencia de insecticidas químicos sobre *B. tabaci*. Para ello se utilizaron 5 tratamientos y 6 repeticiones (30 unidades experimentales), con base en Sulfoxaflor (toretto), a diferentes dosis para determinar la dosis ideal para un buen control. Las dosis de sulfoxaflor (100, 200, 300, 400 ml/L) afectaron significativamente la incidencia de mosca blanca variedad Top Mark. Al finalizar todas las dosis del insecticida obtuvieron una efectividad biológica del 100 %.

**Palabras clave:** Aleyrodidae, Cucurbitaceae, sulfoximinas

---

## Antecedentes

El valor del melón (*Cucumis melo* L.) en su producción bruta mundial supera los 19,700 millones de dólares; respecto a México, ocupó el doceavo lugar en producción (561,953 ton) y sexto país exportador (FAOSTAT, 2013). Esta especie pertenece a la familia Cucurbitaceae, es una planta herbácea, anual, cuyos tallos pueden ser rastreros o trepadores si se les facilita un tutorado (Avalos *et al.*, 2017). De ahí, la importancia de cuidar el cultivo de cualquier transmisor de enfermedades, en el caso del melón, una de las principales plagas es la mosquita blanca, una plaga importante debido a los virus fitopatógenos que transmite (Valarezo *et al.*, 2008). Una de las alternativas para manejar a la mosca blanca en el cultivo es el uso de insecticidas.

## Objetivo

El objetivo de este experimento fue validar en condiciones semicontroladas diferentes dosis del ingrediente activo sulfoxaflor sobre mosquita blanca en plántulas de melón.

## Parte experimental

El presente estudio se desarrolló durante el mes de marzo del 2022. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar con 5 tratamientos (Cuadro 1) y 6 repeticiones dando como resultado 30 unidades experimentales, las cuales constaron en una bolsa de plástico color negro distribuidas en una casa sombra con medidas de 40×40 cm. Para esto se utilizó un sustrato a base de arcilla previamente cribada. La siembra se efectuó en los contenedores ya mencionados colocando tres semillas de melón por maceta. Cuando se detectó incidencia de la plaga se aplicaron los tratamientos (Cuadro 1). La variable de estudio fue incidencia de la plaga que se evaluó en cuatro ocasiones a intervalo de 24 horas. A los datos de la variable de estudio se le realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por el método de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). A partir del promedio de *Bemisia tabaci*, se estimó el porcentaje de efectividad biológica apartar de la siguiente formula:

$$ET = (ST - st) / ST \times 100$$

Dónde: ET= Eficacia del tratamiento. ST= Porcentaje de incidencia en el testigo. st= Porcentaje de incidencia en cada tratamiento.

## Resultados y discusión

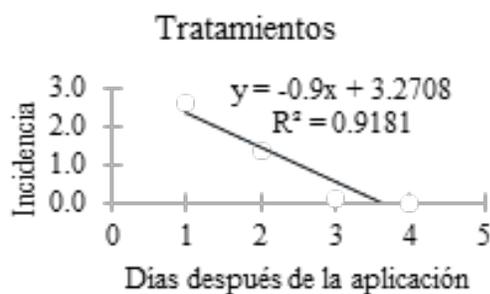
La incidencia de mosca blanca registró diferencias significativas en la evaluación 2, 3 y 4 ( $P \leq 0.0001$ ). Todas las dosis utilizadas (100, 200, 300 y 400 mL) provocaron una disminución de la incidencia de mosca blanca (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Comportamiento de la eficiencia de los tratamientos

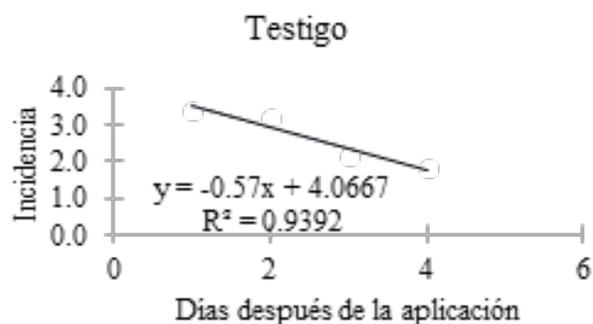
Trat/Dosis mL	Evaluación 1	Evaluación 2	Evaluación 3	Evaluación 4
1) 100	3.50 A	2.00 AB	0.16 B	0.00 B
2) 200	2.16 A	1.00 B	0.16 B	0.00 B
3) 300	2.50 A	1.50 B	0.00 B	0.00 B
4) 400	2.16 A	1.00 B	0.16 B	0.00 B
5) Testigo	3.33 A	3.16 A	2.16 A	1.83 A
Prob (Pr > F)	0.0315	0.0128	<.0001	0.0006

Valores de las medias con letras iguales en la misma columna son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

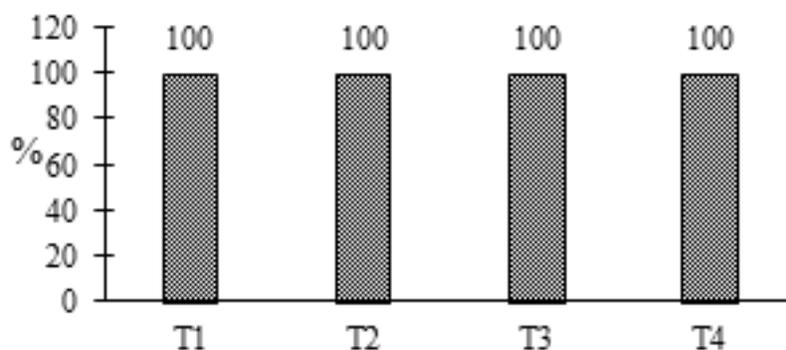
Los tratamientos se ajustaron a un modelo de regresión lineal con  $R^2=0.91$  (Figura 1) registraron una disminución de  $-0.9$  por día. Por otra parte, el testigo registró una baja de  $-0.57$  de adultos de mosca blanca, los datos de ajustaron a un modelo de regresión lineal con  $R^2=0.93$  (Figura 2) Al finalizar el ensayo (96 horas después de la aplicación), se determinó que la efectividad biológica en todas las dosis evaluadas fue de 100 % (Figura 3).



**Figura 1.** Regresión lineal del promedio de los tratamientos



**Figura 2.** Regresión lineal del promedio del tratamiento testigo



**Figura 3.** Efectividad biológica de acuerdo con los tratamientos.

Fernández (2016) determinó la eficacia biológica de insecticida Sulfoxaflor en el control de *B. tabaci* en el cultivo de tomate, reportó que no hubo una diferencia significativa a pesar de que el promedio de ninfas fue menor al promedio de ninfas encontradas en el testigo, resultados diferentes a los obtenidos en el presente estudio.

## Conclusiones

Las dosis de sulfoxaflor (100, 200, 300, 400 ml/L) afectaron significativamente la incidencia de mosca blanca variedad Top Mark. Al finalizar todas las dosis del insecticida obtuvieron una efectividad biológica del 100 %.

## Agradecimientos

Al Colegio Superior Agropecuario del estado del Estado de Guerrero, por brindar las facilidades para la realización del presente trabajo de investigación.

## Referencias

Fernández, C. M. S. (2016). Evaluación de la eficacia biológica de los insecticidas Sulfoxaflor e Imidacloprid para el control de *Bemisia tabaci* en el cultivo de tomate. Tesis de Licenciatura. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

FAOSTAT. (2013). FAO base de datos estadística. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Naciones Unidas. Consultado el: 05/03/2022. Consultado en <http://faostat3.fao.org/home/E>.

Valarezo, C, O., Cañarte B, E., Navarrete, C, B., Guerrero, J, M., Arias, B. (2008). Diagnóstico de la “mosca blanca” en Ecuador. La Granja 7,1, 13-20.

# EFECTIVIDAD BIOLÓGICA *IN VITRO* DE *Trichoderma spp.*, FITOEXTRACTOS Y FUNGICIDAS QUÍMICOS, CONTRA *Sclerotium rolfsii* Sacc.

Sergio Ayvar Serna<sup>1</sup>, José Francisco Díaz Najera <sup>1</sup>, Eva Beatriz Jiménez Kobs<sup>\*2</sup>,  
Ulises Hernández Lucena<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio superior agropecuario del Estado de Guerrero, apigro1988@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo, jimenezkobs@gmail.com

## Resumen

El cacahuate (*Arachis hypogaea* L.) es atacado frecuentemente por la pudrición sureña provocada por *Sclerotium rolfsii* Sacc, un patógeno habitante del suelo de difícil control. La investigación se realizó con los objetivos de aislar e identificar morfológica y molecularmente al agente causal de la enfermedad, evaluar su agresividad patogénica y conocer la eficiencia *in vitro* de 6 fungicidas químicos, 3 extractos vegetales y 4 cepas de *Trichoderma spp.*, en su control. De raíces infectadas se aisló e identificó al hongo por microscopía óptica, se analizó el DNA micelial y se probó su patogenicidad en plantas de 20 días de edad. Para cada ensayo se utilizó un diseño completamente al azar con 4 repeticiones; se utilizó la técnica de celofán en medio de cultivo PDA. Las cepas de *Trichoderma sp.* (Sta. Teresa) y la comercial *T. harzianum* (PHC BIOACK) presentaron actividad fungicida al igual que los fungicidas Captan y Mancozeb.

**Palabras clave:** biocontroladores, extractos botánicos, inoculación, antibiosis, fungistático.

---

## Antecedentes

El cacahuate (*Arachis hypogaea* L.) se cultiva para consumo directo y para proveer de materia prima a la industria; es un cultivo frecuentemente atacado por la enfermedad conocida como pudrición sureña provocado cuyo agente causal es el hongo *Sclerotium rolfsii* Sacc. Es un patógeno habitante del suelo muy difícil de controlar; aunque mediante prácticas de manejo integrado se logra disminuir los daños, convencionalmente los productores prefieren el uso de fungicidas sintéticos, porque estos son de acción rápida y proporcionan resultados a corto plazo (Verma *et al.*, 2007)., sin embargo, esto, no garantiza la inocuidad del producto alimenticio, además de otras desventajas; que han obligado a desarrollar alternativas de origen natural más sustentables para combatir este patógeno. Entre las alternativas se destaca la utilización del hongo *Trichoderma spp.*, que es un saprófito cosmopolita predominante en suelos con alto contenido de materia orgánica; es un eficaz antagonista de hongos patógenos; funciona mediante mecanismos de competencia, antibiosis e hiperparasitismo; asimismo, mejora el aprovechamiento de los nutrientes en la rizosfera e induce resistencia sistémica de la planta contra el ataque de patógenos del suelo (Howell, 2003; Harman, 2006). Por otra parte, también se ha promovido el aprovechamiento de productos extraídos de las plantas que presentan efecto antimicrobiano, cuyos poderes antifúngicos varían de acuerdo con su estructura química y dosis usada (Millán, 2008), y actúan a nivel celular mediante mecanismos de oxidación de compuestos; degradación de compuestos lipofílicos de la membrana celular, combinación con ácidos nucleicos e interferencia con el funcionamiento de membranas (Silva, 2002; Ayala, 2008).

## Objetivos

Aislar, purificar e identificar morfológica y molecularmente el hongo causante de la enfermedad tizón sureño del cultivo de cacahuate. Probar la patogenicidad del hongo aislado en plantas sanas. Evaluar la efectividad biológica *in vitro* de cuatro cepas de *Trichoderma spp.*, seis fungicidas y tres fitoextractos contra el hongo patógeno. Comparar la efectividad entre los tres grupos de compuestos en el control del hongo patógeno.

## Materiales y métodos

### Obtención de la cepa del hongo fitopatígeno

Fueron colectadas muestras de raíz y tallo de plantas enfermas y muestras de suelo en Santa Teresa, municipio de Iguala de la Independencia Gro. Para aislar el hongo se utilizó la técnica de siembra directa de tejido infectado en medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA). Para la purificación, fue transferido un esclerocio al centro de una caja Petri con PDA mediante una aguja de disección. El hongo puro se transfirió a un tubo con PDA y se mantuvo en refrigeración a 10 °C. El hongo fue identificado morfológicamente al microscopio utilizando las claves de Barnett y Hunter (1997) y Watanabe (2002). La identificación molecular se realizó mediante la extracción de ácido desoxirribonucleico del micelio, utilizando el kit DneasyMR (Qiagen, 2012). Se realizaron reacciones en cadena de la polimerasa (PCR) universal para hongos con los oligos ITS-1fu 5'-tccgtaggtgaacctgcgg-3' y ITS-4 5'- tcctccgcttattgatatgc-3' (White *et al.*, 1990). Los fragmentos amplificados por PCR fueron secuenciados directamente y se compararon los resultados con las secuencias disponibles en el banco de genes (Gen Bank) del Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI) del Instituto Nacional de Salud (NIH) de EE.UU.

### Prueba de patogenicidad (Postulados de Koch)

Fueron utilizadas 6 plantas de cacahuete de 33 días de edad, cultivadas en arena esterilizada en autoclave por 1 hora a 15 lb plg<sup>-2</sup>. Para la multiplicación masiva del inóculo se utilizó como sustrato olote o raquis de maíz triturado, esterilizado y mezclado con PDA; el sustrato fue inoculado con muestras de 0.5 cm de diámetro de la colonia del hongo de 9 días de edad y fue colocado dentro de bolsas de polietileno que se dejaron incubando a temperatura ambiente (28°C) dentro del laboratorio obteniendo una colonización completa a los 10 días. Para la inoculación fueron utilizados 247 esclerocios que fueron colocados en la parte central del sustrato dentro de las macetas. También fue realizada la inoculación mediante la mezcla homogeneizada de 9 gramos del olote infestado y 250 gramos de arena utilizada como sustrato. En ambos casos fueron trasplantadas dos plantas a raíz libre; fueron utilizadas 6 repeticiones y 6 tratamientos testigo; se regó para mantener humedecido el sustrato, se incubó a temperatura ambiente (+ 28 °C) en el laboratorio de Fitopatología.

**Cuadro 1. Tratamientos del ensayo I****Ensayo I. Efecto de *Trichoderma* spp., contra *Sclerotium rolfsii*.**

No	Tratamiento	Origen de la cepa
1	<i>Trichoderma</i> sp.	Cepa nativa de Santa Teresa
2	<i>T. virens</i> G-41	PHC ® ROOTMATE
3	<i>T. harzianum</i>	PHC ® BIOPAK-F
4	<i>T. asperellum</i>	Cepa nativa de Cocula
5	Testigo	-

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones, por lo que fueron 20 unidades experimentales; cada una de éstas fue una caja Petri con 20 mL de PDA + los metabolitos secundarios de *Trichoderma* spp. (Cuadro 1). Para aislar las cepas nativas de *Trichoderma* sp., se utilizó la técnica de Tuite (1996) y posteriormente el hongo fue identificado tomando de referencia las claves de Barnett y Hunter (1997) y Watanabe (2002). Para la obtención de las cepas comerciales se utilizó la misma metodología. Se utilizó la técnica del papel celofán descrita por Patil et al. (2014) con el propósito de evaluar la actividad biológica de los metabolitos secundarios secretados por *Trichoderma* spp., en el medio de cultivo PDA. Fue colocado papel celofán sobre la superficie del medio de cultivo, en el centro se sembró 0.5 cm de diámetro de colonia de *Trichoderma* spp, de 7 días de edad; se incubó por 48 horas y posteriormente papel celofán y hongo fueron retirados para colocar en su lugar un disco de 0.5 cm de diámetro de colonia de *S. rolfsii* de 3 días de edad; se incubó a temperatura ambiente en el laboratorio.

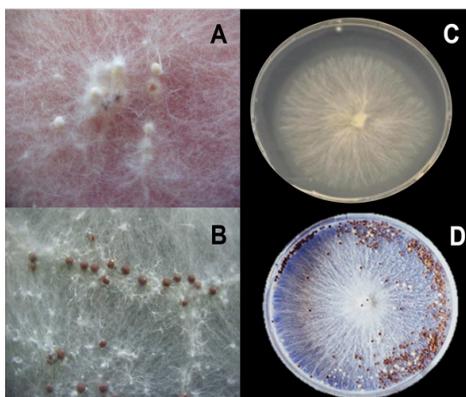
**Cuadro 2. Tratamientos del ensayo II.****Ensayo II. Efecto de fungicidas químicos y extractos vegetales sobre el crecimiento de *S. rolfsii***

No	Producto	Nombre comercial	Ingrediente activo	Dosis (g)*	
				ha <sup>-1</sup>	20 mL <sup>-1</sup> de PDA
1	Testigo	-	-	-	-
2	Fungicida	Bavistin	Carbendazim	1000	0.2
3		Captan	Captan	10000	0.02
4		Cupravit	Oxicloruro de cobre	2000	0.08
5		Manzate	Mancozeb	3000	0.04
6		Promyl	Benomilo	500	0.01
7		Zineb	Ditiocarbamato de zinc	250	0.06
8	Extracto	Qanuum	Canela	200	0.005
9		Allium edoca	Ajo	200	0.004
10		Niimax	Neem	4000	0.004

El mismo diseño experimental del ensayo I fue utilizado para el ensayo II. Fueron medidos los fungicidas y fitoextractos con base a la dosis comercial para calcular la cantidad del producto a mezclar por 20 mL de PDA. Fueron depositados en cajas Petri, posteriormente fue vertido el medio de cultivo en las mismas cajas las cuales fueron agitadas suavemente para homogeneizar la mezcla. Una vez solidificado, en el centro fueron sembrados los aislados de *S. rolfsii* de 3 días de edad y fueron incubados a temperatura ambiente.

Las siguientes variables fueron evaluadas: Diámetro de la colonia del hongo patógeno (cm). Porcentaje de crecimiento de la colonia fungosa y porcentaje de inhibición de la colonia fungosa Patil *et al.* (2014). Los datos de las variables obtenidos en las diferentes fechas, que presentaron valores 0, se transformaron mediante la fórmula  $\sqrt{X} + 0.5$  (Reyes, 1981); después se realizó el análisis de varianza, con el programa SAS. Las variables que mostraron efecto significativo de tratamientos se sometieron a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ). Así mismo, se realizó la prueba de contrastes ortogonales con la finalidad de determinar el efecto promedio de los grupos de productos utilizados sobre la inhibición del patógeno.

## Resultados y discusión



**Imagen 1.** Identificación morfológica

### Identificación morfológica de *Sclerotium rolfsii*

El patógeno se identificó como *Sclerotium rolfsii* Saccardo. El hongo purificado se caracteriza porque en PDA desarrolla colonias blanco-algodonosas, con un crecimiento rápido de 3 cm día<sup>-1</sup> y al madurar produce abundantes esclerocios esféricos, que al principio son blancos, pero cuando maduran se tornan café-claro, pardos y oscuros. En el microscopio se observaron hifas gruesas, hialinas, septadas con presencia de aldabillas (Agrios 2005; Watanabe 2002).

### Identificación molecular de *Sclerotium rolfsii*

Al comparar las secuencias obtenidas en el presente trabajo con las secuencias disponibles en el GenBank se encontraron similitudes del 99% con secuencias previamente reportadas, lo cual corrobora la veracidad de la identificación morfológica.

Identificación molecular	Índice de similaridad (%)	Accesión
<i>Athelia rolfsii</i>	99	KT337426.1
<i>Athelia rolfsii</i>	99	KT337423.1
<i>Athelia rolfsii</i>	99	JN241553.1

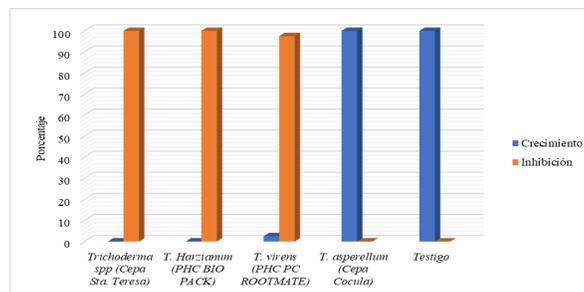
**Cuadro3.** Identificación molecular. ©GenBank (2016)

## Pruebas de patogenicidad (Postulados de Koch)

Este hongo provoca los mismos síntomas clásicos de la pudrición sureña cuando se inocula en la raíz. No hubo mucha diferencia en la severidad de la inoculación por esclerocios y sustrato con el hongo. Las plantas inoculadas presentaron síntomas aproximadamente a los 7 días después de la inoculación por esclerocio y a los 5 días en la inoculación con sustrato más el hongo. Las plantas del tratamiento testigo, como se esperaba, permanecieron sanas.

### Ensayo I: Efecto de *Trichoderma spp.* contra *Sclerotium rolfsii*.

Bosah *et al.*, (2010) reportaron que con *Trichoderma sp.* obtuvieron un 81% de inhibición en condiciones in vitro. Michel *et al.*, (2013) evaluaron 12 cepas nativas de *Trichoderma sp.* obtenidas de Huitzuc y Tlaxmalac de parcelas donde se cultiva cacahuete, dónde porcentaje de inhibición de las 12 cepas fue muy heterogéneo, con un rango de medias de 10 a 94.40% contra *S. rolfsii*; porcentajes fueron inferiores a los encontrados en este estudio con *Trichoderma sp.* nativa de Santa Teresa que presentó el 100% de inhibición del crecimiento de *S. rolfsii*.



**Figura1.** Efecto de *Trichoderma spp* vs *S. rolfsii*

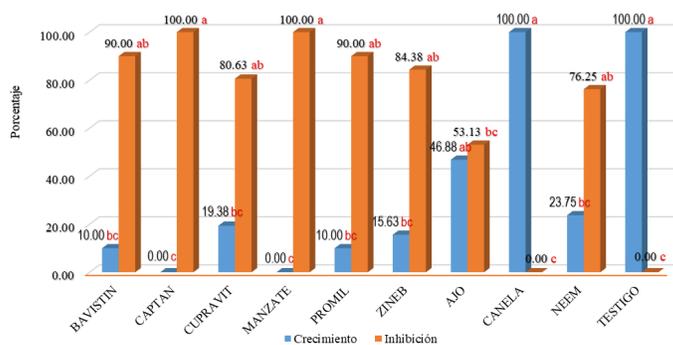
**Tabla 1.** Comparación de los valores promedios del diámetro de las colonias de *Sclerotium rolfsii* en 4 fechas de evaluación, en el Ensayo 1 en cm.

Nº	Tratamiento	1/24	2/48	3/72	4/96
1	<i>Trichoderma</i> sp (cepa nativa de Sta. Teresa)	0.00b <sup>±</sup>	0.00b	0.00b	0.00b
2	<i>T. harzianum</i> (PHC BIOPAK - F)	0.00b	0.00b	0.00b	0.00b
3	<i>T. virens</i> (PHC ROOTMATE)	0.03b	0.05b	0.13b	0.20b
4	<i>T. asperellum</i> (Cepa Cocula)	0.30a	0.85a	6.50 <sup>a</sup>	8.00a
5	Testigo	0.58a	0.95a	5.48 <sup>a</sup>	8.00a

<sup>±</sup>Medias con la misma letra por columna para tratamiento no son estadísticamente diferentes (Tukey  $\alpha \leq 0.05$ ).

## Ensayo II. Efecto de fungicidas químicos y extractos vegetales contra *Sclerotium rolfsii*

En diversos ensayos de efectividad biológica se han obtenido resultados variables con respecto a *S. rolfsii*; De Marcano *et al.*, (2005) reportaron que el fungicida Benomil inhibió 54.1 % el crecimiento de, mientras que en este ensayo indicaron se obtuvo con Benomil una inhibición del 90%. Por otra parte, Mohamet (2012) reportó que Captan inhibió 80% el crecimiento *in vitro* de *S. rolfsii*; en este ensayo se obtuvo un 100% de inhibición. Bravo *et al.*, (2014) encontraron que el fungicida oxiclورو de cobre presentó 40.4 % de efectividad contra *S. rolfsii*; comparativamente el mismo ingrediente activo en el presente ensayo registró 80.63%.



**Figura 2.** Fungicidas quím. y extractos veg. vs *S. rolfsii*

Asimismo, Mahato *et al.*, (2014) mencionaron que el fungicida carbendazim presentó 70.52 % de efectividad *in vitro* contra *S. rolfsii* mientras que en este trabajo mostró una efectividad del 90%. Por otro lado, Kumar *et al.*, (2014) reportaron que el fungicida Ditiocarbamato de zinc tuvo 90 % de efectividad para inhibir *in vitro* el crecimiento micelial de *S. rolfsii* un porcentaje superior a lo obtenido en esta investigación. Das *et al.*, (2014) encontraron que mancozeb inhibió 90 % el crecimiento micelial de *S. rolfsii*. lo que representa un 10% menos a lo obtenido en el estudio.

En cuanto al efecto antifúngico de los productos vegetales, De Marcano *et al.*, (2005) reportaron que extractos de ajo, neem y canela inhibieron 19.3, 34.4 y 8.3 % el crecimiento de *S. rolfsii* en medio de cultivo PDA; los porcentajes de inhibición reportados son inferiores en el caso de ajo y neem a los obtenidos en el presente trabajo, y superior con la utilización del extracto de canela, estos autores mencionan que el ajo presenta propiedades contra hongos y algunas bacterias debido al contenido de compuestos de azufre, enzimas y otras sustancias de bajo peso molecular; mientras que el neem basa su capacidad antimicrobiana, en su contenido de azadiractina, compuesto perteneciente a limonoides. La canela contiene aldehído cinámico, eugenol y alcohol cinámico con poder antimicrobiano.

**Tabla 2.** Comparación de los valores promedios del diámetro de las colonias de *Sclerotium rolfsii* en tres fechas de evaluación, en el ensayo II en cm

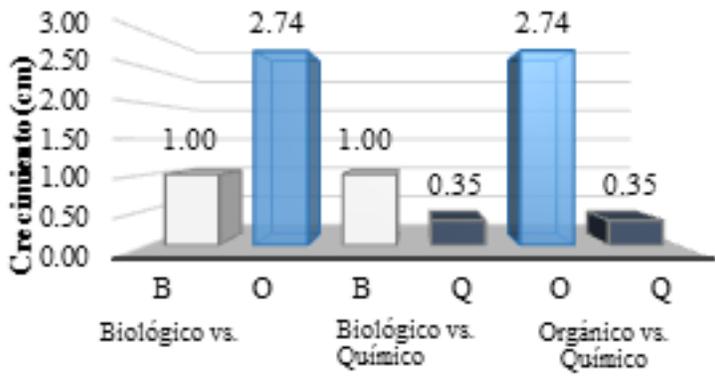
N°	Tratamiento	Fecha/horas		
		1/24	2/48	3/72
1	Bavistin	0.00c <sup>±</sup>	0.15b	0.80b
2	Captan	0.00c	0.00b	0.00b
3	Cupravit	0.00c	0.95b	1.55b
4	Manzate	0.00c	0.00b	0.00c
5	Promil	0.00c	0.13b	0.80b
6	Zineb	0.15c	0.75b	1.25c
7	Allium Edoca (Extracto de ajo)	0.20b	1.85ab	3.75ab
8	Qanum (Extracto de canela)	2.15 <sup>a</sup>	4.90a	8.00a
9	Niimax (Extracto de neem)	0.20b	1.00b	1.90b
10	Testigo	0.80 <sup>a</sup>	5.80a	8.00a

<sup>±</sup>Medias con la misma letra por columna para tratamiento no son estadísticamente diferentes (Tukey  $\alpha \leq 0.05$ ).

En esta investigación con extracto de canela se observó un efecto promotor del desarrollo del micelio, probablemente originado por la descomposición de los compuestos orgánicos en el extracto vegetal que pudiera suministrar al hongo una mayor cantidad de elementos nutricionales, de acuerdo con López *et al.*, (2005) quienes estudiaron el efecto inhibitorio de extractos vegetales sobre *Rhizoctonia solani* en condiciones *in vitro*, reportaron resultados similares cuando utilizaron el extracto de *Nicotiana glauca*, es decir que dicho extracto estimuló el desarrollo de *R. solani*.

**Prueba de contrastes ortogonales**

En los tratamientos biológicos, orgánicos y químicos, en promedio, las colonias de *Sclerotium rolfsii* crecieron 1.0, 2.74 y 0.35 cm, de diámetro en el medio PDA, respectivamente (Figura 3); por lo que este último grupo fue el más efectivo, con una diferencia en crecimiento miceliar de 0.65 y 2.39 cm, en relación a los tratamientos biológicos y orgánicos, respectivamente.



**Figura. 3.** Prueba de contrastes ortogonales

**Conclusiones**

El agente causal de la enfermedad es *Sclerotium rolfsii* Saccardo, se comprobó que es un hongo patogénico. Las cepas de *Trichoderma sp* (nativa de Sta. Teresa) y la comercial *T harzianum* suprimen en su totalidad el desarrollo del patógeno.

Los fungicidas utilizados en su mayoría presentaron buena acción *in vitro* sobre el

hongo siendo los productos captan y mancozeb los que suprimieron al 100% el crecimiento del hongo. Mientras que los extractos de ajo y neem presentaron efecto fungistático al retrasar el desarrollo del patógeno.

De todos los productos evaluados, los fungicidas químicos presentan mayor efectividad biológica para el control de *S. rolfsii*. Estos resultados podrían ayudar a diseñar un plan de manejo integrado de esta enfermedad en el cultivo de cacahuate, incorporando algunos de los productos con actividad fungistática y fungicida.

## Referencias

- Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology*. Fifth edition. Elsevier Academic Press. San Diego, California, USA. 593 p.
- Ayala, J. (2008). *Extractos vegetales para el control de enfermedades fungosas*. Memorias del XX Congreso Nacional de Fitopatología, Zacatecas, Zacatecas, México. p 67.
- Barnett, H. L. and Hunter, B. B. (1997). *Illustrated genera of imperfect fungi*. Third Ed. Burgess Publishing Company. Minneapolis, USA. 241 p.
- Bosah, O., Igeleke, C. A., & Omorusi, V. I. (2010). In vitro microbial control of pathogenic *Sclerotium rolfsii*. *Int J Agric Biol*, 12(3), 474-476.
- Bravo, B. V. L., Michel, A. A. C., Otero, S. M. A. y Ariza, F. R. (2014). *Trichoderma* spp. como agente de biocontrol en las enfermedades del jitomate (*Lycopersicon esculentum* L.). Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, Centro de Estudios Profesionales.
- Das, N. C., Dutta, B. K., & Ray, D. C. (2014). Potential of some fungicides on the growth and development of *Sclerotium rolfsii* Sacc. in vitro. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(12), 1-5.
- De Marcano, A., Vargas, N., & Pire, A. (2005). Efecto de extractos vegetales y fungicidas sintéticos sobre el crecimiento micelial in vitro de *Sclerotium rolfsii* y *Thielaviopsis basicola*. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 22(4), 315-324.
- Harman, G. E. (2006). Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology*, 96(2), 190-194.
- Howell, C. R. (2003). Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. *Plant disease*, 87(1), 4-10.
- Kumar, M. R., Santhoshi, M. M., Krishna, T. G., & Reddy, K. R. (2014). Cultural and morphological variability *Sclerotium rolfsii* isolates infecting groundnut and its reaction to some fungicidal. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 3(10), 553-561.
- López, A., Almanza, F. J., Hernández, F. D., Mendoza, E. M. (2005). Efecto inhibitorio de

- extractos vegetales acuosos sobre *Rhizoctonia solani* Kuhn in vitro. *Revista Agraria*, 1(1), 29-36.
- Mahato, A., Mondal, B., Dhakre, D. S., & Khatua, D. C. (2014). In vitro sensitivity of *Sclerotium rolfsii* towards some fungicides and botanicals. *Scholars Acad. J. Biosci*, 2(7), 467-471.
- Michel-Aceves, A. C., Otero-Sánchez, M. A., Ariza-Flores, R., Barrios-Ayala, A., & Alarcón-Cruz, N. (2013). Eficiencia biológica de cepas nativas de *Trichoderma* spp., en el control de *Sclerotium rolfsii* Sacc., en cacahuete. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(3), 89-107.
- Millán, C. (2008). *Las plantas, una opción saludable para el control de plagas. Red de acción en plaguicidas y sus alternativas para América*. Primera edición. Editorial Latina Global Greengrants.
- Mohamed R. F. (2012). Control of root rot of chickpea caused by *Sclerotium rolfsii* by different agents and gamma radiation. *Master in Microbiology, Botany Department, Faculty of Science, Tanta University*.
- Patil, N. N., Waghmode, M. S., Gaikwad, P. S., Gajbhiye, M. H., Gunjal, A. B., Nawani, N. N., & Kapadnis, B. P. (2014). Potential of *microbispora* sp. V2 as biocontrol agent against *Sclerotium rolfsii*, the causative agent of southern blight of *Zea mays* L. (Baby corn)—in vitro studies. *Indian Journal of Experimental Biology* 52, 1147-1151.
- Qiagen. (2012). *Manual of dneasy plant mini kit*. Version 2. Germany.
- Reyes, C. P. (1981). *Diseño de experimentos aplicados*. Primera ed. Trillas, México, D. F. p 285-309.
- Silva. J. (2002). *Extracto de neem*. Recuperado de: <http://www.evaluacion-in-vitro-de-extractos-vegetales-s>.
- Tuite, J. (1969). Plant pathological methods. Fungi and bacteria. *Plant pathological methods. Fungi and bacteria*.
- Verma, M., Brar, S. K., Tyagi, R. D., Surampalli, R. N., & Valero, J. R. (2007). Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: panoply of biological control. *Biochemical Engineering Journal*, 37(1), 1-20.
- Watanabe, T. (2002). *Pictorial atlas of soil and seed fungi: morphologies of cultured fungi and key to species*. CRC press. Second edition. CRC PRESS. Boca Ratón, florida. USA. 486 p.
- White, T. J., Bruns, T., Lee, S. J. W. T., & Taylor, J. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. *PCR protocols: a guide to methods and applications*, 18(1), 315-322.

# RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE TOMATE DE CÁSCARA EN DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Sergio Ayvar Serna<sup>1</sup>, José Francisco Díaz Nájera<sup>1</sup>, Janio Ricardo Ochoa Bahena<sup>\*2</sup>, Esteban Bravo Hernández<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, [apigro1988@hotmail.com](mailto:apigro1988@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo, [ricardo.bahena95@hotmail.com](mailto:ricardo.bahena95@hotmail.com)

## Resumen

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de cuatro genotipos y cuatro sistemas de producción sobre el desarrollo del cultivo, producción y calidad de fruto. Se utilizó el diseño experimental de bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas, con 4 repeticiones. Se midieron las variables: diámetro y altura de la planta, número de ramas primarias y secundarias, rendimiento de fruto, diámetros polar y ecuatorial del fruto, y contenido de sólidos solubles; sometidas al análisis de varianza y prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). El ciclo del cultivo desde la siembra hasta el final de la cosecha fue de 122 días, con un periodo de 32 días de producción. El efecto de la interacción entre el sistema de producción y el genotipo fue significativo en todas las variables; excepto en el número de ramas primarias, número de frutos dañados y la concentración de sólidos solubles.

**Palabras clave:** Calidad, Genotipos, Interacción, *Physalis philadelphica*, Sistemas de producción.

## Antecedentes

El sector agrícola nacional enfrenta el reto de ser más competitivo ante la economía de libre mercado y la globalización; además, se debe resolver el problema de la producción de alimentos demandados por la población en constante incremento; por esta razón es imprescindible recurrir a la utilización de semillas genéticamente mejoradas; así como de nuevas tecnologías que contribuyan a optimizar el aprovechamiento del agua, los fertilizantes y demás insumos de producción para hacer más rentable y atractiva la actividad hortícola; en la cual se encuentra el cultivo de tomate de cáscara, que posee alta adaptabilidad a diversas condiciones ecológicas de la República Mexicana; pero ha presentado el máximo potencial productivo en las áreas productoras de los estados de: Jalisco, Sinaloa, Puebla y Michoacán, donde se utilizan diferentes niveles de tecnología, de acuerdo con la capacidad técnica y economía de los agricultores.

En el estado de Guerrero esta hortaliza se produce en forma tradicional en los ciclos de temporal y riego; en las regiones Centro y Norte, donde se siembran variedades regionales como Rendidora y Cáscara morada, porque están adaptadas al ambiente y obtienen rendimientos aceptables; sin embargo, no se aprovechan los nuevos materiales genéticos mejorados como Súper cerro gordo, Premier, Chapingo, Salamanca y otros, porque el agricultor no dispone de información relacionada con las características de la planta, rendimiento y calidad del fruto.

El cultivo de estos materiales mejorados se debe llevar a cabo en condiciones óptimas de nutrición y protección vegetal para que puedan manifestar su máximo potencial de rendimiento. Por lo cual es importante determinar las ventajas que representa la utilización de sistemas de producción con diferentes niveles de tecnología, que incluyan en forma individual y combinada: riego por goteo, fertirrigación, acolchado con polietileno y cubierta con agribón, en la región de Cocula, Gro.

## Objetivos

Por la importancia creciente que tiene el tomate de cáscara en las diferentes regiones productoras y el interés de conocer el comportamiento de los nuevos genotipos mejorados cultivados en diferentes sistemas de producción, se desarrolló la presente investigación considerando los siguientes:

- » Conocer el comportamiento agronómico y la calidad de fruto fresco de cuatro materiales genéticos.
- » Evaluar el efecto individual y combinado de cuatro genotipos y cuatro sistemas de producción sobre el desarrollo del cultivo, producción y calidad de fruto.

## Parte experimental

La presente investigación se realizó en el campo experimental del Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero; ubicado en el km 14.5 de la carretera Iguala-Cocula con una altitud de 620 msnm (INEGI, 1998). Se utilizaron diferentes genotipos adquiridos en casas comerciales de la región; 1) Rendidora: El fruto es de color verde-alimonado, de consistencia firme; mide 4.5 cm de diámetro. El rendimiento promedio es de 15 ton ha<sup>-1</sup>, con un ciclo de 85 a 90 días desde la siembra hasta la senescencia (García, 1992). 2) Cáscara Morada: De fructificación muy uniforme y tolerante a la cenicilla (Cal-Oro, 2003). 3) Súper Cerro Gordo: Frutos grandes, uniformes de color verde intenso y presenta larga vida de anaquel (Semillas Río Fuerte, 2003). 4) Premier: Frutos extragrandes y de buena firmeza. La cáscara se desprende fácilmente con el manejo postcosecha, y la calidad se mantiene por un periodo más largo (Cal-oro 2003).

Los sistemas de producción implementados constataron de: 1) Riego por goteo (RG). Se instaló el sistema de riego por goteo después de la preparación del suelo, con los goteros a 20 cm de distancia, hacia arriba, para evitar el taponamiento por contacto directo con el suelo arcilloso. 2) Riego por goteo y acolchado (RG + AC): Después de instalar el sistema de riego por goteo, se colocó en forma manual una película de polietileno negro/plateado sobre la superficie del surco. El plástico tubo 40 micras de grosor, 1 m de ancho; las perforaciones se realizaron con un tubo de aluminio calentado, de 0.10 m de diámetro, a 0.30 m de separación, un día antes del trasplante. 3) Riego por goteo y agribón (RG + AG): Se colocó la cubierta flotante de agribón (17g/m<sup>2</sup>) de 1.40 m de ancho; sobre soportes de arcos de alambro No. 08; se cubrieron con tierra los bordes de la tela para evitar la remoción por el viento. 4) Riego por goteo, acolchado y agribón (RG + AC + AG): Este sistema fue el más tecnificado de los cuatro sometidos a investigación. Es ideal para la explotación intensiva de las hortalizas que permitan recuperar la inversión. Las plantas tienen un ciclo de vida más prolongado.

Se estudiaron cuatro genotipos en combinación con cuatro sistemas de producción, mediante un arreglo bifactorial 4 x 4 originando 16 tratamientos (Cuadro 1) los cuales se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones. Los sistemas de producción y los genotipos se asignaron en las parcelas grande y chicas, respectivamente. Se utilizaron 64 unidades experimentales; cada una de éstas estuvo conformada por 4 surcos de 5 m de longitud y 0.80 m de separación (16 m<sup>2</sup>). La parcela útil estuvo constituida por los dos surcos centrales con competencia completa.

**Cuadro 1.** Factores y tratamientos en estudio

No. Trat	Factor de estudio		Simbología
	Sistema de producción	Genotipo	
1	Riego por goteo (RG)	Rendidora (R)	S1 + G1
2		Cáscara Morada (CM)	S1 + G2
3		Premier (P)	S1 + G3
4		Súper Cerro Gordo (SG)	S1 + G4
5	RG + Acolchado (AC)	Rendidora (R)	S2 + G1
6		Cáscara Morada (CM)	S2 + G2
7		Premier (P)	S2 + G3
8		Súper Cerro Gordo (SG)	S2 + G4
9	RG + Agribón (AG)	Rendidora (R)	S3 + G1
10		Cáscara Morada (CM)	S3 + G2
11		Premier (P)	S3 + G3
12		Súper Cerro Gordo (SG)	S3 + G4
13	RG + AC + AG	Rendidora (R)	S4 + G1
14		Cáscara Morada (CM)	S4 + G2
15		Premier (P)	S4 + G3
16		Súper Cerro Gordo (SG)	S4 + G4

Durante las etapas de desarrollo y producción del cultivo, se evaluaron las siguientes variables: Diámetro del cuello de la planta (cm). Altura de la planta (cm). Número de ramas primarias y secundarias. Número de frutos. Rendimiento de fruto (kg). Diámetros polar y ecuatorial (cm). Contenido de sólidos solubles (°Brix). Los datos de las variables se sometieron al análisis estadístico de acuerdo con diseño experimental mediante el Statistical Analysis System (SAS). Las variables que presentaron efecto significativo de los tratamientos se sometieron a la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ). Asimismo, se efectuó un análisis de correlación para conocer el grado de asociación entre las variables de estudio (Herrera y Lorenzana, 1994).

## **Resultados y discusión**

En las diferentes etapas fenológicas del cultivo, se notó que la interacción entre el sistema de producción y el genotipo provocó diferencias estadísticas sobre las características de desarrollo del vegetal, el rendimiento y la calidad del fruto. Se presentan los resultados de los análisis estadísticos, en forma resumida en el Cuadro 2; donde se nota claramente que el efecto de la interacción de los factores indicados fue altamente significativo en la mayoría de las variables, porque el desarrollo y rendimiento del vegetal estuvieron en función del sistema de manejo del cultivo.

**Cuadro 2.** Valores de Fc en los factores de estudio y de su interacción, y coeficiente de variación (C.V.) obtenidos en los análisis de varianza de las variables de respuesta.

No.	Variable	Sistema de producción (SP)	Genotipo (G)	Interacción (SP x G)	C.V. (%)
1	Diámetro del cuello de la planta <sup>a</sup>	21.68 **	5.48 **	2315 **	3.799
2	Altura de la planta <sup>a</sup>	13.06 **	77.92 **	7.30 **	5.340
3	Número de ramas				
	♣ Primarias	0.60 NS	6.11 **	1.65 NS	18.60
	♣ Secundarias	3.65 NS	16.36**	2.38*	13.52
4	Número de frutos <sup>b</sup>				
	♣ Totales	97.76**	69.69**	3.16**	9.74
	♣ Sanos	301.72**	87.76**	5.28**	10.133
	♣ Dañados	5.86*	5.30**	1.14 NS	19.418
5	Rendimiento de frutos <sup>b</sup>				
	♣ Totales	80.46**	158.30**	10.41 **	10.902
	♣ Sanos	177.24**	180.24**	13.34**	11.167
	♣ Dañados	10.80**	18.35**	5.01**	21.567
6	Diámetro del fruto <sup>a</sup>				
	♣ Ecuatorial	6.48*	129.08**	3.46**	4.366
	♣ Polar	33.58**	180.10**	14.00**	3.749
7	Concentración de sólidos solubles <sup>a</sup>	0.57 NS	1.49 NS	1.92 NS	10.166

**a:** Promedio general

**b:** Valores acumulados de los cuatro cortes

El diámetro del cuello de las plantas más vigorosas se desarrolló en orden de importancia, en las variedades: Súper Cerro Gordo, Premier y Cáscara Morada bajo el sistema de riego por goteo + acolchado. La utilización de esta tecnología de producción propició el mayor desarrollo de los genotipos, porque mediante la cubierta de polietileno, se reducen las pérdidas de la humedad en el suelo, se logra un efecto reflejante contra insectos, se favorece el crecimiento rápido del cultivo y se obtiene la producción más temprana. Además, el acolchado mejora la calidad del fruto porque evita el contacto directo de éste con la humedad del suelo (Robledo y Martín, 1988). En un trabajo realizado en la misma Región de Norte, León (2002) reportó que la variedad Cáscara Morada obtuvo 1.17 *cm* de diámetro promedio, que es superior a 0.90 *cm* registrado en el presente trabajo.

La altura de la planta es fundamental conocer esta característica en las variedades mejoradas, para determinar la distancia entre surcos y el número de plantas por unidad de superficie; así como otros factores de manejo agronómico. El mayor desarrollo se registró en las plantas de los genotipos Súper Cerro Gordo (69.710 *cm*) y Premier (64.710 *cm*) cultivados en el sistema con mayor tecnología (Riego por goteo + Acolchado + Agribón); seguido de Súper Cerro Gordo (64.357 *cm*) en el sistema de riego por goteo; en comparación con Cáscara Morada que presentó las menores alturas, de 42.60 a 52.60 *cm* en todos los sistemas de producción. En un ensayo previo realizado por Varas (2002) se obtuvieron 150.35 y 150.65 *cm* de altura general en las variedades Rendidora y Cáscara Morada, León (2002) en la misma región de estudio, obtuvo una media general de 128.00 *cm*, y en las variedades de Rendidora y Cáscara Morada, reportó 129.00 y 128.00 *cm*; las cuales son considerablemente superiores a 47.974 y 61.620 *cm* obtenidas en los mismos genotipos utilizados en este trabajo.

En cuanto al número de hojas de la planta es una característica muy importante en la conformación de la arquitectura de la planta para el soporte del follaje y de los frutos; siempre se encuentra asociada con el desarrollo longitudinal del tallo. Los genotipos Súper Cerro Gordo y Rendidora formaron más ramas de segundo orden (8.7 y 8.5 ramas) en el sistema de producción Riego por goteo + Agribón. en comparación con Cáscara Morada, que sólo obtuvo 5.2 ramas secundarias por planta, cultivada en el sistema de Riego por goteo + Acolchado.

La variable número de frutos indica el potencial productivo de cada genotipo, que puede incrementarse mediante el manejo eficiente de los factores agronómicos que intervienen en la cadena productiva. Por ejemplo, 1) Frutos totales: Se presentaron variaciones por el efecto interactivo de los factores en estudio. Los mayores rendimientos acumulados se obtuvieron en los genotipos: Premier (402.50 frutos) y Cáscara Morada (400.75 frutos), en los sistemas con Riego por goteo + Acolchado y Riego por goteo, respectivamente, en comparación con la respuesta de Súper Cerro Gordo bajo el sistema de producción con más componentes tecnológicos (Riego por goteo + Acolchado + Agribón), que sólo obtuvo 152.50 frutos; quizás porque se comportó como una variedad tardía en el área de estudio. 2) Frutos sanos: La máxima respuesta fue de 1,218 frutos y se logró en la variedad Premier cultivada en Riego por goteo + Acolchado; seguida por Cáscara Morada que produjo 1,206 frutos en Riego por goteo. La menor respuesta se presentó en Súper Cerro Gordo con 374 y 399 frutos en los sistemas de Riego por goteo + Agribón y Riego por goteo + Acolchado + Agribón, respectivamente. Esta diferencia en cantidad de frutos sanos, posiblemente se debió, a

que este genotipo fue el más tardío para comenzar a fructificar y presentó menor rendimiento. 3) Frutos dañados: Las plantas cultivadas en el sistema de Riego por goteo obtuvieron los mayores daños por el gusano del fruto (96.62 frutos, 24.99 %) en comparación con el sistema más tecnificado (Riego por goteo + Acolchado + Agribón) que sólo presentaron 69.25 frutos dañados (21.29 %); esto se debe, probablemente, a que el acolchado y el agribón contribuyeron a lograr un microclima menos favorable para la reproducción y ataque de la plaga; tal como lo mencionan Bonlam, (1991) y Anónimo (2003b) su efecto de repeler las plagas. En cambio, en las variedades Cáscara Morada se presentó el mayor número de frutos dañados, con 90.75; mientras que en Súper Cerro Gordo solo se obtuvieron 69.62 frutos dañados.

Desde el punto de vista económico, el rendimiento del fruto es la característica de mayor interés para los agricultores dedicados a la producción de esta solanácea. 1) Rendimiento total: En los cuatro cortes y en el total acumulado de éstos, hubo efecto interactivo entre los sistemas de producción y los genotipos. Los mayores rendimientos totales acumulados se obtuvieron en las variedades Rendidora (17.789  $ton\ ha^{-1}$ ) y Premier (16.520  $ton\ ha^{-1}$ ) en riego por goteo. 2) Fruto sano: En el rendimiento total acumulado, los genotipos Rendidora y Premier cultivados en el sistema de riego por goteo, destacaron de los demás por producir (12.977 y 12.050  $ton\ ha^{-1}$ , respectivamente). En un ensayo de rendimiento de 12 genotipos de tomate de cáscara en cinco ambientes diferentes, efectuado por Santiaguillo (1995) en la región de Iguala, Guerrero; se obtuvieron en Rendidora 9.631  $ton\ ha^{-1}$ ; en cambio, en la misma región norte, León (2002) reportó 14.543 y 13.582  $ton\ ha^{-1}$  en los genotipos Rendidora y Cáscara Morada, respectivamente, cultivados bajo riego por goteo. Estos valores fueron superiores a 12.978 y 8.000  $ton\ ha^{-1}$  obtenidos en las mismas variedades de esta investigación bajo riego por goteo. 3) Fruto dañado: Las mayores cantidades de frutos dañados fueron de 4.812 y 4.449  $ton\ ha^{-1}$ , equivalentes al 27.05 y 32.91% del rendimiento total y se presentaron en la variedad Rendidora cultivada bajo el sistema de Riego por goteo y Premier en Riego por goteo + Acolchado, respectivamente; mientras que hubo menor daño en los frutos producidos por Cáscara Morada, Premier y Súper Cerro gordo bajo el sistema de Riego por goteo + Acolchado + Agribón, esto se debe a que en este sistema más tecnificado, la utilización de agribón en combinación con el acolchado, contribuye a disminuir el ataque de insectos plagas, aumenta la calidad y rendimiento de las plantas; además induce la solarización que eliminan malezas, hongos y plagas del suelo (Robledo y Martín 1988, Bonlam, 1991). En un ensayo de adaptación de genotipos conducido por Varas (2002) en la región de estudio, se registraron daños promedios de

24.32 y 18.27 % en el rendimiento de fruto, de Rendidora y Cáscara Morada; mientras Herrera (2002) reportó el 40 % de daño en el rendimiento de la variedad, Elsa.

En cuanto al diámetro ecuatorial del fruto, las variedades Premier y Rendidora cultivadas en el sistema de Riego por goteo + Acolchado, mostraron los promedios más grandes, de 4.06 y 4.04 *cm*. Mientras que, en el diámetro polar, las mismas variedades Premier y Rendidora produjeron los frutos de mayor diámetro polar promedio, en los sistemas de Riego por goteo + Acolchado (3.19 *cm*) y Riego por goteo (3.11 *cm*). En un ensayo realizado en Chapingo, Edo. de México por Alfaro (1998), se encontraron diámetros ecuatorial y polar de 4.18 y 3.1 *cm*, respectivamente en la variedad Rendidora; los cuales son mayores, a los valores promedios indicados en la variedad Rendidora; los cuales son mayores a los valores promedios obtenidos, en esta investigación. Mientras que, en la concentración de sólidos solubles, las plantas cultivadas en el sistema de Riego por goteo + Agribón, destacaron porque produjeron los frutos con 5.46 °Brix; en contraste con las que se manejaron en Riego por goteo + Acolchado, que tuvieron 5.22 °Brix. Los frutos de la variedad Rendidora acumularon más de 5.5 °Brix; mientras que los de Súper Cerro Gordo, registraron 5.12 °Brix.

El análisis de correlación fue importante conocer debido a que nos permitió observar el grado de asociación entre las diferentes variables de respuesta; aunque durante el desarrollo del cultivo se evaluaron diferentes características en la planta; por la naturaleza y objetivos del presente trabajo, una de las más importantes es la altura de la planta que se correlacionó con el número de ramas primarias ( $r=0.36026^*$ ) y secundarias ( $r=0.49716^{**}$ ); lo cual significa que, al haber un incremento en la longitud del tallo principal, aumenta el potencial de ramificación de la planta. El rendimiento total de fruto se correlacionó con sus componentes de rendimiento de fruto sano ( $r=0.97494^{**}$ ) y de fruto dañado ( $r=0.72993^{**}$ ).

## Conclusiones

En base a los objetivos e hipótesis planteados y a los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

- » El ciclo del cultivo desde la siembra hasta el final de la cosecha fue de 122 días, teniendo un periodo de producción de 32 días.
- » El efecto de la interacción entre el sistema de producción y el genotipo se presentó

en la mayoría de las variables; excepto en el número de ramas primarias, de frutos dañados y en la concentración de sólidos solubles.

- » El máximo rendimiento de fruto sano se obtuvo en la variedad Rendidora cultivada en el sistema de riego por goteo
- » El rendimiento de fruto sano se correlacionó positivamente con el rendimiento de fruto dañado.

## Agradecimientos

Al Colegio Superior Agropecuario del estado de Guerrero, al área de fitopatología por la amplia colaboración para la realización del presente estudio.

## Referencias

- Alfaro, S. M. G. (1998). Caracterización agronómica de 40 variedades de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de Licenciatura. Unidad Regional de Zonas Áridas. Universidad Autónoma de Chapingo. Bermejillo. Durango. 45 pp.
- Anónimo (2002b). Internet. <http://www.xpress.es/torresfilm/acolchados.html>.
- Bonlam. (1991). Agribón 17. La tecnología más moderna protegiendo sus cultivos. *Revista Agro-sintesis*. 32, 15-26.
- Cal-Oro (2003). Clasificación de variedades de acuerdo por su época de maduración. *Boletín informativo Empresa Cal-oro* 35 pp.
- García T., I. (1992). Efecto del sustrato sobre el desarrollo de plantas de tomate (*Physalis ixocarpa* Brot) var. Rendidora en almácigo. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Gro. México. p. 4.
- Herrera B., G. (2002). Control químico del gusano del fruto en tomate de cáscara. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Gro. México. 92 pp.
- Herrera H., J.G. & Lorenzana H., G. (1994). Aplicaciones de SAS (Statistical Analysis System) a los métodos estadísticos. Apoyo didáctico No. 3 Instituto Tecnológico Agropecuario de Oaxaca. Centro de Investigación y Graduados Agropecuarios. México, D.F. 102 pp
- INEGI, (1998). Anuario Estadístico del Estado de Guerrero. Gobierno del Estado de Guerrero. Aguascalientes, Ags. México. p 5.

- León O., S. (2002). Fertilización orgánica e inorgánica en tomate de cáscara. Tesis de licenciatura. Centro de estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del estado de Guerrero. Cocula, Gro., México. 100 pp.
- Robledo de P., F. Martín V, L. (1988). Aplicación de los plásticos en la agricultura. Primera Edición. Editorial Mundi-prensa Madrid, España. 135 pp.
- Santiaguillo H., J.F. (1995). Estabilidad y rendimiento de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 95 pp.
- Semillas Río Fuerte, (2001). Evaluación de la producción de tomate de cáscara. *Productores de hortalizas*. 10(9), 46-48.
- Varas R., C. (2002). Adaptación y rendimiento de 15 genotipos de tomate de cáscara. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula, Gro., México. 105 pp.

# ALTERNATIVAS PARA DISMINUIR LAS POBLACIONES DE ÁFIDOS Y MOSQUITA BLANCA Y LA INCIDENCIA DE VIROSIS DEL JITOMATE

*Sergio Ayvar Serna<sup>1</sup>, José Francisco Diaz Nájera<sup>1</sup>, Janio Ricardo Ochoa Bahena<sup>\*2</sup>, Manuel Alejandro Andrade Castro<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, [apigro1988@hotmail.com](mailto:apigro1988@hotmail.com)

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Chapingo, [ricardo.bahena95@hotmail.com](mailto:ricardo.bahena95@hotmail.com)

## Resumen

La presente investigación se realizó con el objetivo de: determinar el efecto del acolchado, agribón e insecticidas, en la presencia de insectos vectores, incidencia de virosis y producción del cultivo. Se estudiaron dos niveles de acolchado (con y sin), combinados con siete insecticidas y un testigo; mediante un diseño bifactorial distribuidos en bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas con 4 repeticiones. Se midieron las variables: Número de mosquita blanca y áfidos, Número de áfidos, Incidencia de virosis, Altura y Diámetro de la planta y Rendimiento de fruto, sometidas a un análisis de varianza y correlación y prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). El acolchado, los insecticidas y el agribón influyeron significativamente en las poblaciones de áfidos, mosquitas blancas; así como en la incidencia de virosis, el diámetro del cuello, altura y rendimiento del cultivo. La correlación fue positiva entre el número de áfidos y la incidencia de virosis.

**Palabras clave:** Áfidos, Insecticidas, Mosquita blanca, Producción, Virosis.

---

## Antecedentes

El jitomate tiene un lugar preponderante en la alimentación de la mayoría de la población mexicana; porque el sabor del fruto proporciona una sazón insustituible a los platillos típicos de las diversas regiones del país. Se considera una de las especies hortícolas más importantes debido a que genera un alto nivel de divisas y empleo temporal, por utilizar mucha mano de obra en los procesos de producción primaria, selección, empaque, comercialización e industrialización; además, requiere el consumo de diversos insumos agrícolas, que durante la distribución y venta provocan una derrama económica considerable en todas las regiones donde se cultiva y es una fuente importante de materia prima en la industria de los alimentos procesados.

A nivel mundial las mayores superficies se cultivan en China, Estados Unidos de Norteamérica, Turquía, La India e Italia (FAO, 2002); mientras que en México los principales estados productores son: Sinaloa, Baja California, San Luis Potosí, Michoacán y Jalisco (SIACON, 2002); en donde el cultivo enfrenta diversos problemas fitosanitarios provocados principalmente por hongos y virus fitopatógenos que infectan a la planta desde la siembra hasta la cosecha y propician el incremento en los costos de producción, por las prácticas de manejo integrado que se tienen que realizar en el cultivo.

Las enfermedades virales ocasionan síntomas de achaparramiento, disminución del área foliar y decrementos significativos en la productividad del cultivo y calidad del producto. En las áreas productoras más tecnificadas se han estado utilizando en forma integrada diversas alternativas, como: semilla certificada, tratamiento a la semilla, fechas de siembra, densidad de población, control de malezas, eliminación de plantas enfermas, barreras vegetales (maíz, sorgo, cempasúchil) y sintéticas (agribón, acolchados con polietileno), aceites minerales, jabones, extractos vegetales, insecticidas, etc. (Conti *et al.*, 2000; Díaz *et al.*, 2001), para tratar de disminuir los daños y hacer el cultivo más rentable para los productores y las familias que dependen de esta hortaliza.

## Objetivos

En las regiones productoras de jitomate, el combate de las enfermedades virales son el principal reto enfrentado por los agricultores, a través de las diversas estrategias mencionadas; por esta razón, la presente investigación se desarrolló tomando en cuenta lo siguiente:

- Evaluar la dinámica poblacional de áfidos y mosquita blanca en el cultivo.
- Identificar las especies de áfidos más frecuentes en la región.
- Conocer la incidencia de virosis en el cultivo.
- Medir el daño provocado por la virosis en el rendimiento.
- Determinar el efecto individual y combinado del acolchado, agribón e insecticidas, en la presencia de insectos vectores, incidencia de virosis y producción del cultivo.
- Establecer la asociación entre la presencia de insectos vectores y la incidencia de virosis.

### Parte experimental

La presente investigación se llevó a cabo durante el ciclo de riego otoño-invierno, en el campo experimental del CEP- CSAEGro localizado en el kilómetro 14.5 de la carretera Iguala-Cocula, a una altitud de 640 msnm (García, 1988). Se utilizó la variedad comercial Río Grande, la cual tiene un tipo de crecimiento determinado. Con frutos cilíndricos, consistente, de 100 a 120 g, de color rojo, tarda 100 días a la cosecha; su productividad es de 15 a 27 ton ha<sup>-1</sup>, según el área de cultivo (Prodac, 2022). Se evaluaron dos niveles de acolchado en combinación con siete alternativas, mediante un arreglo bifactorial 2 x 8 que generó 16 tratamientos (Cuadro 1). El tratamiento testigo, sin ninguna protección, se utilizó como referencia con la finalidad de determinar el nivel de daño provocado por las enfermedades virales y cuantificar las poblaciones naturales de insectos vectores (áfidos y mosquita blanca). Los insecticidas utilizados, se recomiendan contra insectos plaga con aparato bucal picador succionador, principalmente áfidos y mosquita blanca, que son potenciales transmisores de enfermedades virales (Rosenshtein, 2002). Se incluyó la mezcla HERALD + TAMARON porque ha contribuido a disminuir la incidencia de la virosis amarillamiento de la oca (*Abelmenchus esculentus* M.) en la misma región de estudio (Pérez, 2000; Ayvar *et al.*, 2003).

**Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el experimento**

No. Trat	Factor		Dosis mL L <sup>-1</sup>	Aplicación ddt
	Acolchado	Insecticidas		
1	Con Acolchado	Testigo	-	-
2		Agribón	-	-
3		imidacloprid (CONFIDOR)	1.5 mL	19, 29, 39
4		pymetrozine (PLENUM)	3 g	19, 29, 39
5		fenp. + metamid. (HERALD + TAMARON)	2.5 mL + 3 mL	19, 29, 39
6		thiamethoxam (ACTARA)	2 g	19, 29, 39
7		imidacloprid + cyflutrin (LEVERAGE)	1.5 mL	19, 29, 39
8		Extracto de ajo (BIO-CRAK+ Vel Rosita)	5 mL + 2 mL	19, 29, 39
9	Sin Acolchado	Testigo	-	-
10		Agribón	-	-
11		imidacloprid (CONFIDOR)	1.5 mL	19, 29, 39
12		pymetrozine (PLENUM)	3 g	19, 29, 39
13		fenp. + metamid. (HERALD + TAMARON)	2.5 mL + 3 mL	19, 29, 39
14		thiamethoxam (ACTARA)	2 g	19, 29, 39
15		imidacloprid + cyflutrin (LEVERAGE)	1.5 mL	19, 29, 39
16		Extracto de ajo (BIO-CRAK+ Vel Rosita)	5 mL + 2 mL	19, 29, 39

ddt= días después del trasplante

Los 16 tratamientos se distribuyeron en el campo en un diseño experimental de bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas con 4 repeticiones. El acolchado y los insecticidas se aleatorizaron dentro de las parcelas grande y chica, respectivamente; generando 64 unidades experimentales en un área total de 641 m<sup>2</sup>. La unidad experimental fue de 2 surcos de 5.0 m de longitud y 1.0 m de ancho (10 m<sup>2</sup>) con 0.30 m de separación entre plantas; los cuales se utilizaron como parcela útil para la evaluación de las

variables de respuesta. Para determinar el efecto de los tratamientos, sobre el comportamiento de la mosquita blanca, áfidos, la virosis, desarrollo y producción de las plantas de jitomate, se midieron las variables siguientes: Número de mosquita blanca. Número de áfidos. Número de áfidos por especie. Incidencia de virosis (%). Altura y diámetro del cuello de la planta y rendimiento total del fruto. Las variables se sometieron al análisis de varianza utilizando el programa Statistical Analysis System de acuerdo al diseño experimental. En las variables que mostraron diferencias significativas, se sometieron a prueba de rangos múltiples de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ); también se realizaron análisis de regresión y correlación para determinar la relación entre las variables de estudio (Herrera y Lorenzana, 1994). Antes de efectuar el análisis de varianza, los datos del número de áfidos por especie se transformaron mediante la fórmula  $\sqrt{x+1}$ ; con el propósito de incrementar la precisión al medir las diferencias, entre las medias y hacer más normal la distribución de los valores (Steel y Torrie, 1988).

## Resultados y discusión

Las características de crecimiento, vigor, sanidad y rendimiento del cultivo presentaron variaciones provocadas por el efecto individual de los factores estudiados, como se puede ver en la información de las variables concentrada en forma resumida, en el Cuadro 2; en donde se nota claramente que, los dos factores de estudio actuaron de forma independiente sobre las características de la planta y las poblaciones de los dos insectos vectores de virus fitopatógenos.

**Cuadro 2.** Valores de frecuencia calculada (Fc) en los dos factores e interacción y coeficientes de variación (C.V.) obtenidos en los análisis de varianza de las variables estudiadas

Variables	Acolchado (A)	Insecticidas (I)	Interacción (A x I)	C.V (%)
1. Número total de mosquita blanca				
1.1 En láminas amarillas	21.61**	32.77**	0.75ns	15.62
1.2 Mediante conteo directo	62.86**	5.22**	0.34ns	17.40
2. Número total de áfidos				
2.1 En laminas amarillas	2.20 **	24.36**	0.33ns	13.1
2.2 En charolas amarillas	3.13ns	6.27**	0.62ns	28.75
3. Número de áfidos por especie				
3.1 <i>Aphis citricola</i>	0.02ns	5.50**	0.24ns	22.43
3.2 <i>Aphis gossypii</i>	1.83ns	1.98ns	0.57ns	26.29
3.3 <i>Aulacorthum solani</i>	0.04ns	2.03ns	0.51ns	21.23
3.4 <i>Lipaphis erysimi</i>	3.33ns	1.34ns	0.84ns	21.73
4. Incidencia de virosis (%)	22.68ns	6.12**	1.77ns	34.98
5. Altura de la planta	131.59**	1.76ns	0.80ns	5.49
6. Diámetro del cuello	54.40**	1.19ns	0.91ns	8.08
7. Rendimiento total de fruto	4.06ns	3.31ns	0.56ns	28.80

\*\* = Altamente significativo

ns = no significativo

La densidad poblacional de la mosquita blanca varió significativamente por efecto tanto del acolchado como de los insecticidas utilizados en el experimento. Se efectuaron seis muestreos, en los cuales siempre se registraron más insectos en las unidades experimentales establecidas con acolchado; sin embargo, estas diferencias fueron estadísticamente significativas sólo a partir del quinto muestreo y en la cantidad total acumulada; donde hubo un 20.02 % más insectos en el cultivo con acolchado que en el que permaneció sin acolchado. Papaseit *et al.* (1997), Díaz (2003) y López (2003) comentan que el acolchado propicia una mejor asimilación de los fertilizantes del suelo; ventajas que repercuten positivamente, porque las plantas desarrollan más rápido y tienen un mayor porte. Los tratamientos con insecticidas fueron inconsistentes en los 6 muestreos; porque en los tres primeros, todos se comportaron de manera similar al testigo, lo que indica que la utilización de productos químicos no ayuda a disminuir la cantidad de insectos en las primeras etapas del cultivo. En cambio, en las plantas que se habían cubierto con el agribón, se registró siempre menor número de mosquita

blanca en los primeros muestreos; debido a que la tela forma una barrera física que protege a la planta contra los insectos vectores (Zarate *et al.*, 1998). Sin embargo, a partir de la cuarta fecha se capturaron más insectos en el testigo, que en los demás tratamientos; entre los cuales, después del agribón sobresalieron LEVERAGE y ACTARA, logrando mantener en los niveles más bajos las poblaciones de los hemípteros estudiados. Debido a que tienen como ingredientes activos a imidacloprid - cyflutrin y thiametoxam, respectivamente, que tienen la propiedad de translocarse por el xilema y protegen a la planta (Bayer, 2003, Rosenstein, 2002). La densidad poblacional de estos insectos varió significativamente por efecto tanto del acolchado como de los insecticidas utilizados en el experimento. La cantidad de ellos siempre fue mayor en el cultivo establecido sin acolchado, que en el desarrollado sobre la película negra de polietileno; no obstante, las diferencias fueron estadísticamente significativas sólo en la cantidad total acumulada, porque se registraron 29.4 % más insectos en las plantas sin acolchado. En estos resultados se corrobora que este material, al reflejar los rayos del sol ayuda a repeler a los insectos y a disminuir las poblaciones que se alimentan directamente de la planta (López, 2003; Anónimo, 2001a). Los menores niveles en la población insectil se obtuvieron en las parcelas tratadas con CONFIDOR y ACTARA. En las alternativas evaluadas contra los insectos se encontró que, tanto en láminas amarillas como en el conteo directo, se registró un mayor número de insectos en el testigo. El agribón fue el que proporcionó mayor protección, seguido por los productos ACTARA y LEVERAGE, que por su acción sistémica y residual son recomendados ampliamente contra insectos vectores de enfermedades virales (Rosenstein, 2002; Bayer, 2003). La eficiencia biológica de los insecticidas contra mosquita blanca presentó diferencias significativas por el efecto de los insecticidas. El LEVERAGE logró controlar en un 52.9 % las mosquitas blancas en relación al testigo. En Totolapan Mor., Aguilar y Nolasco (1994) reportaron que, utilizando GAUCHO + CONFIDOR en el cultivo de tomate de cáscara obtuvieron una eficacia de 88% en el control de insectos picadores- chupadores. En Zacatepec, Mor, Flores (1997) encontró que el imidacloprid tuvo un 70% de control de mosquita blanca en jitomate; además, las plantas protegidas con este producto, obtuvieron un rendimiento de 20.1 ton ha<sup>-1</sup>, mientras que las que no estuvieron protegidas no generaron producción. Asimismo, en Cocula, Gro., Aguirre (2004) logró disminuir la cantidad de mosquitas blancas en las parcelas de oca tratadas con imidacloprid. La eficiencia biológica de los insecticidas contra áfidos mostró diferencias significativas por el efecto de los productos utilizados. Sin embargo, las eficiencias de 27.7 % de LEVERAGE y 21.7 % de CONFIDOR, están

por debajo (85%) del nivel de efectividad biológica recomendada como aceptable para el control de insectos (SAGARPA, 2000). En la población total de los seis muestreos realizados durante el ciclo de cultivo, se registraron con mayor frecuencia, las especies: *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach), *Aphis gossypii* (Glover), *Aphis citricola* (Van der Goot) y *Aulucortun solani* (Kaltenbach). La primera de éstas fue la más abundante. Las fluctuaciones de las poblaciones de *Lipaphis erysimi* en el análisis estadístico no hubo diferencias significativas, por efecto de los factores estudiados, ni por la interacción de estos, pero en el muestreo 6, se registraron 23.11% más insectos en las unidades experimentales sin acolchado. Mientras que, en el insecticida CONFIDOR y en la cubierta de agribón, se encontraron los niveles de población más bajos. En el mismo sitio experimental, Gómez (2004) reportó promedios menores de esta misma especie en el cultivo de calabaza pipiana. *Aphis gossypii* al finalizar los seis muestreos se encontró que hubo 19% más áfidos de esta especie en las unidades sin acolchado. En los insecticidas la población fue mayor en el Bio Crack; mientras que los niveles más bajos de ésta se obtuvieron en LEVERAGE. Esta especie es una de las más comunes en la región, en monitoreos realizados anteriormente, se registró en frijol (Alcántara, 1987), papayo (Alcántara, 2000), oca (Aguirre, 2004), calabaza pipiana (Gómez, 2004) y calabacita (Camacho, 2004). Para *Aphis citricola* la aplicación de los insecticidas y el agribón, logró afectar significativamente las poblaciones de alados de esta especie, cubiertas con agribón y en los tratamientos con LEVERAGE. Y *Aulacorthum solani* aunque no se registraron diferencias estadísticamente significativas, la cantidad de insectos siempre fue mayor en las unidades establecidas sin acolchado, que al final de los seis muestreos registró un 32.9% más insectos que con acolchado. Mientras que el Ágribón y el insecticida ACTARA, lograron mantener las poblaciones más bajas, en niveles de 49 y 51 insectos, respectivamente en los seis monitoreos realizados. En la actualidad no existe una práctica efectiva que evite, por sí sola, las pérdidas de la producción, una vez que se presentan las virosis en el cultivo; por esto, el manejo integrado es la estrategia recomendada para el combate de este problema fitosanitario (Byerly, 1997). A pesar de que se utilizó la variedad Río Grande que es más susceptible que los nuevos híbridos mejorados como Toro, Cortes, Tequila, Bandolero, Daniela, Conquistador y Gabriela; se registraron bajas incidencias de plantas enfermas en todos los tratamientos durante las 4 fechas de muestreo; debido a que en esta región el trópico es seco, en los meses de noviembre a febrero, las condiciones climatológicas no son favorables para la reproducción de las poblaciones de insectos vectores de virus y, además, en este periodo puede existir un bajo potencial

de inóculo en campo (Arcos, 1995). En el agribón no hubo plantas enfermas en los muestreos 1 y 2; porque se encontraban protegidas por el agribón; pero también la enfermedad tuvo baja presencia después que se retiró la cubierta de polipropileno en los muestreos 3 y 4. En los tratamientos con insecticidas se notó un comportamiento inconsistente; porque en los muestreos 1 y 2 hubo menor número de plantas enfermas en las unidades experimentales tratadas con ACTARA; pero en las dos últimas evaluaciones destacó el LEVERAGE.

La altura de la planta fue afectada estadísticamente por efecto del acolchado, porque a partir del segundo muestreo se registró una mayor altura dentro de las unidades experimentales cultivadas mediante acolchado. En el cual, el ritmo de crecimiento de las plantas, de acuerdo con la ecuación de regresión lineal fue de 0.80 cm cada 15 días creciendo 0.05 cm diarios, en comparación con las plantas sin acolchado que solo tuvieron una tasa de incremento de 0.65 cm en el mismo periodo, aumentando 0.04 cm por día. Debido a que la película de polietileno, ayuda a retener mayor cantidad de humedad; favoreciendo la asimilación de los nutrientes del suelo; evitando la competencia de la planta con malezas y reduciendo la compactación y erosión del suelo. Es probable que el mayor crecimiento de la planta en este tratamiento, se deba a que el polietileno de color negro, tiene la propiedad de absorber la mayor radiación solar en el día y, durante las horas más frías de la noche, tiene la ventaja de mantener la temperatura del suelo más favorable para el desarrollo de la raíz, efecto benéfico para el crecimiento del tallo; sobre todo en los meses de diciembre y enero, que son los que presentan las temperaturas más bajas en el año (Bustamante, 2003; López, 2003). Los insecticidas y el agribón ejercieron un efecto estadísticamente similar en la altura de la planta. No obstante que, los valores registrados en la última lectura, indican que las plantas tratadas con el producto ACTARA sobresalieron con una altura de 79.2 cm, mientras que las cultivadas bajo el agribón solo alcanzaron 72.5 cm. Sin embargo, en el Bio crack, las plantas tuvieron el mayor incremento de la altura, porque crecieron 0.77 cm cada 15 días; en comparación con las que se cubrieron con el agribón que tuvieron un crecimiento de 0.69 cm en el mismo periodo. Los resultados del análisis estadístico en el diámetro del cuello de la planta indicaron diferencias significativas; porque las plantas cultivadas con acolchado siempre registraron tallos más vigorosos. El diámetro del cuello de la planta en el acolchado registro un mayor incremento, con 0.020 cm en un periodo de 15 días. Los insecticidas y el agribón no registraron diferencias significativas en los 6 muestreos. Sin embargo, en el tratamiento de la mezcla HERALD+ TAMARON las plantas registraron el diámetro mayor, con 1.85 cm. Las

plantas tratadas con CONFIDOR y la mezcla de HERALD + TAMARON tuvieron ritmos de crecimiento de 0.20 y 0.19 cm, respectivamente. En cuanto al rendimiento total de frutos el acolchado como los insecticidas, no afectaron de forma significativa en ningún corte. En general, se obtuvo el máximo rendimiento de fruto en el último corte. En las unidades experimentales establecidas con la película de polietileno, presentaron un 18.6% más de rendimiento total que en las no acolchadas. Todas las alternativas utilizadas contra las enfermedades virales registraron rendimientos estadísticamente similares al testigo. Sin embargo, en el rendimiento total acumulado en los 6 cortes se encontró que, en las parcelas experimentales tratadas con CONFIDOR, ACTARA y LEVERAGE se obtuvieron los rendimientos más altos de 16.6, 16.1 y 15.5 ton<sup>-ha</sup>, respectivamente. En la cantidad total acumulada de los seis cortes el factor acolchado, logró incrementar un 18.6 % el rendimiento, en comparación al testigo. En la misma región de estudio, Brito (1992) encontró un rendimiento de 1.242 ton ha<sup>-1</sup> de la variedad Río Grande cultivado sin acolchado.

Se encontró una correlación positiva y significativa entre el número de áfidos y la incidencia de virosis ( $r=0.24633^*$ ), lo que indica que a mayor densidad poblacional de áfidos la incidencia de virosis tiende a incrementarse; es decir, que la incidencia de virosis se correlaciona significativamente con las poblaciones de insectos vectores de virus. Asimismo, la correlación fue positiva y significativa entre el número total de mosquitas blancas y la altura total de la planta ( $r=0.31336^*$ ), lo que demuestra que entre más altas y vigorosas estén las plantas, son más atractivas para la alimentación y reproducción de estos insectos (Ortega, 1991). La altura total se correlacionó en forma positiva y altamente significativa con el diámetro final del cuello ( $r=0.61855^{**}$ ) y el rendimiento total de fruto fresco ( $r=0.53383^{**}$ ); esto puede explicarse porque, a mayor altura de la planta el diámetro tiende a incrementarse y, las plantas más vigorosas y con mayor porte, son más productivas. El rendimiento total del fruto se correlacionó en forma positiva y significativa con el diámetro final del cuello de la planta, ( $r=0.31020$ ), porque en plantas con tallos más gruesos y vigorosos, generan mayor rendimiento.

## Conclusiones

Los objetivos planteados y los resultados obtenidos permiten deducir las siguientes conclusiones:

- La incidencia de virosis fue de 27.82 % al final del cultivo.
- Los factores de acolchado e insecticidas y el agribón presentaron efectos independientes en todas las variables de respuesta.
- El acolchado, los insecticidas y el agribón influyeron significativamente, en las poblaciones tanto de áfidos como de mosquitas blancas; así como en la incidencia de virosis, el diámetro del cuello, altura y rendimiento del cultivo.
- Los insecticidas: CONFIDOR, ÁCTARA y LEVERAGE, así como el agribón; fueron los más efectivos para disminuir las poblaciones de los insectos.
- El agribón y el LEVERAGE registraron los menores promedios de incidencia de virosis.
- Las especies de áfidos más predominantes fueron: *Lipaphis erysimi* (Kaltenbach), *Aphis gossypii* (Glover), *Aphis citricola* (Van der Goot) y *Aulacothum solani* (Kaltenbach).
- Se encontró una correlación positiva y significativa entre el número de áfidos y la incidencia de virosis.
- En rendimiento del fruto se correlacionó positivamente con altura de la planta el diámetro del cuello.

## Agradecimientos

Al Colegio Superior Agropecuario del estado de Guerrero, al área de fitopatología por la amplia colaboración para la realización del presente estudio.

## Referencias

- Aguilar, S. J. F. & Nolasco, A., J.J. (1994). Evaluación de tres métodos de aplicación del insecticida imidacloprid para el control de mosquita blanca (Homoptera: Aleyrodidae) en tomate de cascara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Totolapan, Morelos. Memorias del XXIX Congreso Nacional de Entomología, Monterrey, Nuevo León, México. Pp 116-119.
- Aguirre, V. O. J. (2004). Efecto del arreglo topológico e insecticidas sobre la incidencia del amarillamiento y rendimiento en oca. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula Gro. 132p.
- Alcántara, J. J. A. (1987). Dinámica de población de los insectos vectores de virosis en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) del minador de hojas y su parasitoide, en el valle de Cocula, Gro. Tesis de Licenciatura. CEP-CESAEGro. Cocula, Gro. 118 p.
- Alcántara, J. J. A. (2000). Adaptación y rendimiento de genotipos de papayo *Carica papaya* L. e incidencia del virus mancha anular en Tuxpan Gro. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales de la Universidad Autónoma de Guerrero. Iguala Gro., Méx. 107 p.
- Anónimo (2001<sup>a</sup>). Los acolchados plásticos. Ejemplo de tecnologías aplicadas. Claridades Agropecuarias. México. D.F., México No. 98. p. 36.
- Arcos, C. G. (1995). Dinámica poblacional de *Bemisia tabaci* (Gen. Homóptera: Aleyrodidae) en fechas de siembra de chile jalapeño. En: Memorias del XXX Congreso Nacional de Entomología. Chapingo, México. Pp 145-147.
- Ayvar, S., S., Mena, B. A., Durán, R. J. A., Alcántara, J. J., De Luna, M. J. G., Pereyda, H. J. & Noriega, C D. H. (2003). Guía para el manejo integrado del amarillamiento del oca. Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Iguala Gro. México. 57 pp.
- Bayer (2003). Leverage, insecticida específico contra chupadores. 1a edición. División agrícola. México, D.F. 8 pp.
- Brito, A. D. (1992). Evaluación de rendimiento e incidencia de enfermedades fungosas de seis variedades de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula Gro. 94 p.
- Bustamante, O. (2003). Curso internacional de producción de hortalizas en invernadero, INIFAP, Celaya, Gto. México.
- Byerly, M. K., Martínez, C. J.L., Pacheco, C. J. J. & Nava, C. U. (1997). En: Taller sobre Manejo Integrado de la Mosquita Blanca En Morelos. Campo Experimental Zacatepec, Instituto Nacional de Investigaciones forestales Agrícolas y Pecuarias. Zacatepec, Morelos. México. 98 pp.
- Camacho, L. M. (2004). Alternativas para disminuir las poblaciones de áfidos y mosquita blanca y la incidencia de virosis en calabacita. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios

- Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula Gro.
- Conti, M., Galliteli, D., Lisa, V., Lovisollo O., Martelli, G. P., Ragozzino, A., Rana G. L. & Vovlas, C. (2000). Principales virus de plantas hortícolas. Traducción de J. M. Mateo box. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 206 pp
- Díaz, B. V., S. Azpiros, R., Flores, R. C. & Montero T. V. (2001). Etiología de la enfermedad “chino del jitomate” (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y alternativas de control en el estado de Morelos. Libro Técnico No. 2. Campo Experimental “Zacatepec”. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Zacatepec, Morelos, México. 60 pp.
- Díaz, S. T. (2003). Los filmes plásticos en la producción agrícola, Repsol YPF-Mundi prensa. España.
- FAO (2002). Base de datos de la estadística de FAOSTAT (URL: <http://apps.fao.org/default.htm>).
- Flores, R. C. (1997). Evaluación de estrategias para el control de virosis en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en Zacatepec Mor. Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 94 p.
- García, E. (1988). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Koppen, Universidad nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía. México. 146 p.
- Gómez, M. E. A. (2004). Fluctuación poblacional de áfidos y moscas blancas e incidencia de virosis en función de la poda e insecticidas en calabaza pipiana. Tesis de Licenciatura (en proceso). Centro de Estudios Profesionales. Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Cocula Gro.
- Herrera, H. J. G. & lorenzana H. G. (1994). Aplicaciones del SAS (Statical Análisis System) a los métodos estadísticos. Apoyos didácticos N° 3 Instituto tecnológico Agropecuario de Oaxaca centro de investigaciones y Graduados Agropecuarios. México. p.173.
- López, G. M. A. (2003). Alternativas de Protección de Cultivos con Materiales plásticos. Revista cuatrimestral, No.11. Universidad Autónoma de Aguascalientes, México. Pp. 6-12.
- Ortega, A. L. D. (1991). Mosquitas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) Vectores de virus de hortalizas. En: Plagas de hortalizas y su manejo en México por S. Anaya R. y N. Bautista M. Centro de Entomología y Acarología, Colegio de Posgraduados. Y Soc. Mexicana de Entomología, Chapingo, Méx. 297 pp.
- Papaseit, P. (1997). Los plásticos y la agricultura. Ediciones de horticultura. SL, Reus, España.
- Pérez, G. I. X. (2000). Alternativas para disminuir el “amarillamiento” en el cultivo de la okra *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. Tesis de Licenciatura. Centro de Estudios Profesionales. CSAEGRO. Cocula, Gro. 94 pp.
- Prodac, (2022). Tomate Rio Grande: <https://www.prodac.es/hort%C3%ADcolas/4064-tomate-rio-grande-sobre-8414934067411.html#:~:text=Variedad%20de%20tomate%20ras-trero%2C%20crecimiento,%2D6%20grs.%2Fm>.

- Rosenstein, S. E. (2002). Diccionario de especialidades agroquímicas. 7a edición. Editorial PLM. México, D.F. 1172 pp.
- SAGARPA (2000). Manual de Sanidad vegetal. México. 60 p.
- SIACON-SAGARPA. (2002). Sistema de Información Agropecuaria de consulta. Anuario Estadístico de Producción Agrícola. En la red: [www.siap.sagarpa.gob.com](http://www.siap.sagarpa.gob.com).
- Steel, R. G. D. & Torrie, J. H. (1988). Bioestadística principios y procedimientos. Segunda edición. ED. McGraw-Hill/Interamericana de México. México, D. F. 227p.
- Zarate, P. A., Santamaría, H. Q., Pérez, L. J. M., Domínguez, A. T., Díaz, A.C. & Valderrama M. P. (1998). Periodos de cobertura con maya de polipropileno en la prevención de virosis en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en la zona centro de Veracruz. En: Memorias de la XI Reunión Científica Tecnológica, Forestal y Agropecuaria en Veracruz. Veracruz México. Pp. 180-190.

# ANÁLISIS DE IMPLEMENTOS AGRÍCOLAS EN EL USO DE SUELOS DE PILCAYA, REGIÓN NORTE DE GUERRERO.

*Ernesto Escobar-Bahena\*<sup>1</sup>, José Francisco Diaz-Nájera<sup>1</sup>, Sergio Ayvar-Serna<sup>1</sup>, Cesar Axel Jaimes-Rodríguez<sup>1</sup>*

*\*<sup>1</sup>Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, ernesto2022bahena@gmail.com*

*<sup>1</sup>Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, apigro1988@hotmail.com*

## Resumen

El uso de maquinaria agrícola garantiza el incremento de la capacidad de producción del suelo, plantas y animales, elevando la productividad de la tierra (Cuauhtémoc, 2011). El objetivo del estudio fue analizar el tipo de implementos agrícolas que se usan y sí se usan de manera adecuada. El estudio se realizó en Pilcaya, Gro. Se realizaron una serie de preguntas a los productores. Se evaluó la marca de tractor que es más confiable entre los productores, los implementos con los que cuentan y de ellos cuales utilizan, cuales son propios y cuales rentan, las revoluciones por minuto del tractor que utilizan y el tipo de terreno en el que hacen uso de este. Los resultados indican que la marca de tractor más confiable entre los productores es New Holland, así mismo, todos cuentan con al menos un implemento propio, el arado de discos, el cual es también el más utilizado.

**Palabras clave:** Implementos agrícolas, Productores, Pilcaya, Gro.

---

## Antecedentes

Santana y Fuentes (1998) plantean que el laboreo de los suelos para las nuevas siembras es una tradición que data de los antiguos egipcios, los cuales aseguraban que las plantas tomaban las finas partículas y las incorporan a su estructura, por lo tanto, era necesario trabajar el terreno hasta llevarlo a polvo. Millán (1983) señaló que la preparación de la tierra es una de las prácticas agronómicas más importantes, que inciden sobre el comportamiento y rendimiento de los materiales sembrados. La preparación precipitada, momentos antes de la siembra, sin tener en cuenta la exigencia del cultivo, conlleva: Des uniformidad en la profundidad de siembra, Germinación no uniforme, Deficiente control de la vegetación indeseable, Incidencia temprana de plagas. Para esto se fueron implementando nuevas tecnologías, como el tractor agrícola, que, a pesar de existir desde hacía más de un siglo, alcanza su máxima difusión durante la Segunda Guerra Mundial, en este caso debido al enorme incremento en la demanda de alimentos y fibras con una disponibilidad de trabajo agrícola reducida. (Botta, 2003). La mecanización garantiza el empleo eficiente de los más recientes avances tecnológicos en la agricultura, incrementando la capacidad de producción del suelo, plantas y animales, elevando la productividad de la tierra (Cuauhtémoc, 2011). El objetivo de la mecanización es realizar las labores en los sistemas de producción con la máxima eficiencia y la mejor calidad, (Cadena *et al.*, 2003). Mover la tierra para eliminar la compactación, mejorando los parámetros de agua y aire en el suelo. De esta forma se dan unas características más propicias para el desarrollo de las raíces y por consiguiente la de la planta. Eliminar malezas y a su vez incorporar los mismos rastrojos al suelo para que devuelvan a la tierra con su descomposición los nutrientes prestados y enriqueciendo el suelo de nuevo. Erradicar plagas y enfermedades para el buen desarrollo de las plantas. Trabajar la tierra hasta dejarla con grado adecuado para posterior cultivo. No hay un orden establecido para cada fase, todo esto dependerá en gran parte del clima en cada terreno y de las plantas que se vayan a sembrar y cultivar (Almaraz *et al.* 2008). En el municipio de Pilcaya la mecanización en el medio agrícola ha ido aumentando poco a poco y ha obtenido gran variedad de implementos que facilitan la preparación de suelos en esta región y ayuda a obtener resultados favorables.

## Objetivos

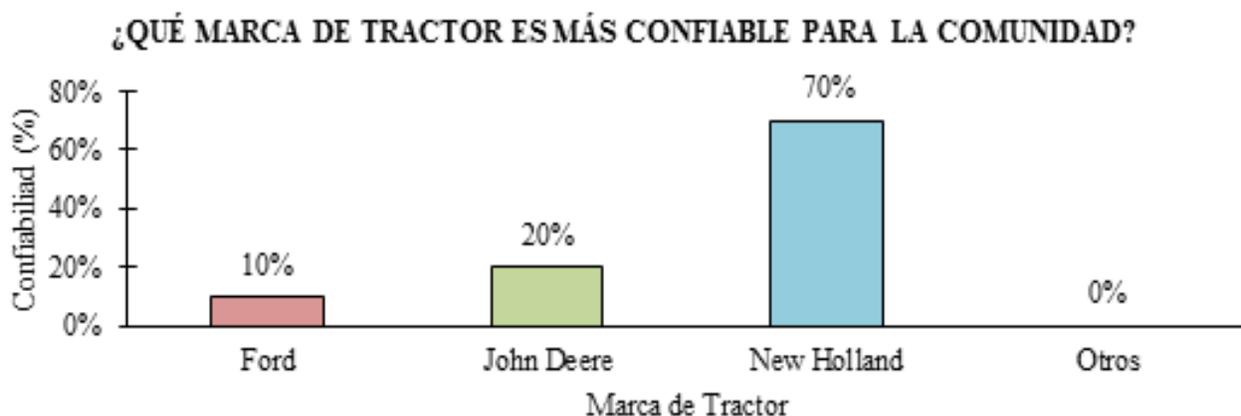
- Analizar a fondo el tipo de implementos agrícolas que se usan o son conocidos en el municipio de Pilcaya región norte de Guerrero.
- Determinar si dichas actividades son indispensables y elaboradas de manera correcta de modo que no afecte al medio ambiente o a terceras personas y se aproveche de manera correcta los nutrientes que nos da el mismo suelo.

## Parte experimental (u otro título similar si es más descriptivo de lo presentado)

La presente investigación se localizó en la parte norte del estado de Guerrero, sobre los paralelos  $18^{\circ}42''^{\text{TM}}$  y  $18^{\circ}46''^{\text{TM}}$  de longitud norte y los  $99^{\circ}30''^{\text{TM}}$  y  $99^{\circ}44''^{\text{TM}}$  de longitud oeste, en relación con el meridiano de Greenwich, con colindancia al norte con el estado de México; al sur con el municipio de Tetipac; al este con el estado de Morelos y al oeste con el estado de México. Para llevar a cabo dicho análisis, se localizó a los productores agrícolas para conocer qué implementos usan en la preparación del suelo y como es aplicado y de esta manera se conoció si se hace uso correcto o incorrecto de estos. En este sentido, fue necesario el planteamiento de una serie de preguntas que ayudaron a tener un mejor desempeño del trabajo, ya que se les realizaron a los productores agrícolas, para poder tener datos de primera, no obstante, se tuvieron complicaciones para encontrar desocupados a los productores, ya que, son personas muy ocupadas, pero se hizo un tiempo para recolectar la información requerida y necesaria para el estudio.

## Resultados y discusión

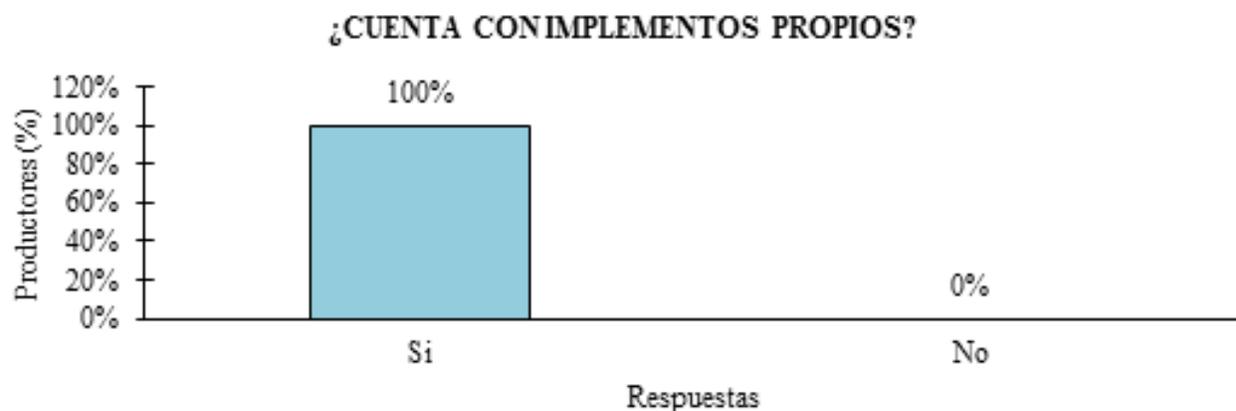
*Confiabilidad.* En la comunidad en donde se realizó el presente estudio se muestra que en su mayoría de los agricultores presentan una mayor confiabilidad ante la marca de tractor con un 70% New Holland siendo el más abundante ya con resultados un poco más bajos sigue un 20% la John Deere, por último, se encuentra la marca Ford que tan solo el 10% cuenta con este (Figura 1).



**Figura 1.** Resultados del primer cuestionamiento a productores

ASAJA (2017) presenta en la revista e informa que la marca John Deere y New Holland ocupa un total del mercado europeo del 40% dando a demostrar que son una de las marcas más confiables obteniendo así mayores ventas, esto reforzó el resultado obtenido en el municipio de Pilcaya ocupado 70% New Holland seguido por, John Deere con el 20% dejando atrás a sus rivales Ford 10% entre otros no conocidos por la comunidad ocupando el 0%. Figura 1.

Herramienta propia. En la gran mayoría de los agricultores respondieron con una respuesta satisfactoria, que, si cuentan con implementos propios, el 100% de los agricultores por lo menos cuenta con dos implementos indispensables para la preparación del suelo (Figura 2).

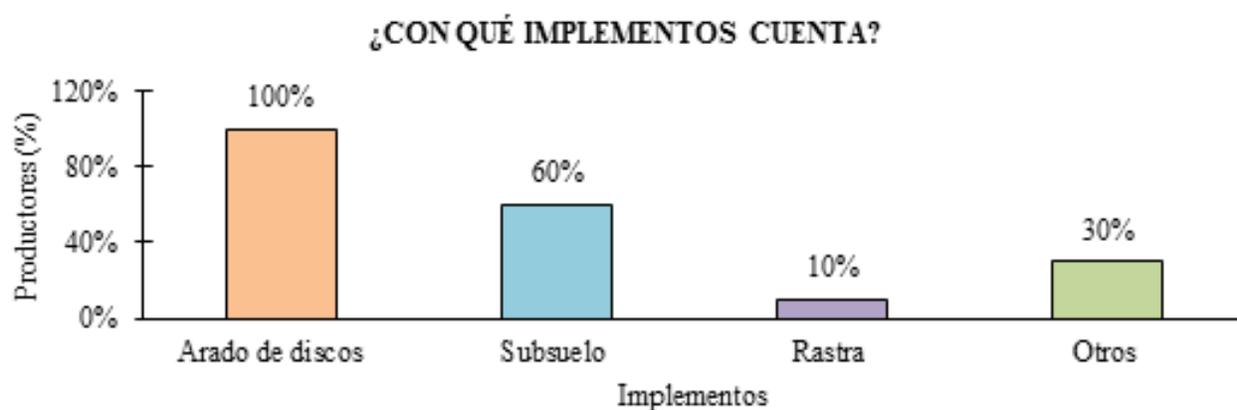


**Figura 2.** Resultados del segundo cuestionamiento a productores

Gutiérrez (2018) presenta en su estudio Diagnóstico de tractores e implementos agrícolas en el municipio de Atlacomulco, Estado de México, que por cada tractor hay 1.62 implementos, esto demuestra que al menos por cada tractor cuenta con un implemento agrícola, lo cual muestra que el 100% cuenta con implementos agrícolas. Figura 2.

*I*

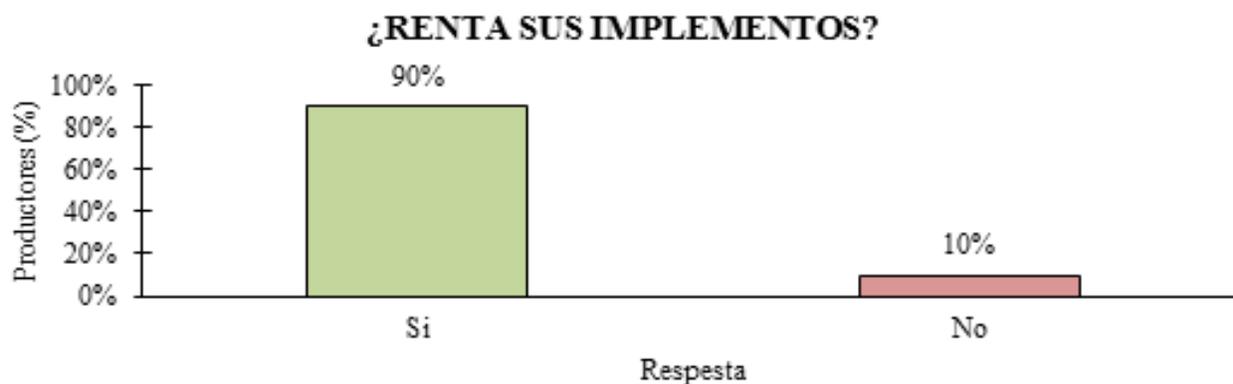
*Implementos de los agricultores.* De acuerdo con la información recolectada en el municipio de Pilcaya demostramos que la mayor parte de los agricultores el 100% de ellos cuenta con arado de discos siendo este el implemento más indispensable, también el subsuelo con un 60% teniendo una posición importante, la rastra ya con un porcentaje más bajo del 10% y el resto del municipio cuenta con más de otro tipo de implementos ocupando un 30% (Figura 3).



**Figura 3.** Resultados del tercer cuestionamiento a productores

Manqui *et al.* (2012) muestra en su estudio de preparación de suelos que en la preparación de suelos el trabajo indispensable a realizar en una labranza utilizando una serie de implementos, los más usados son arado de vertedera, arado de discos, arado de cincel, arado rotativo y arado subsolador cumpliendo cada uno con su función, es demuestra de acuerdo con los datos obtenidos en el municipio de Pilcaya que efectivamente los arado de discos es uno de los principales implementos utilizados para los agricultores.

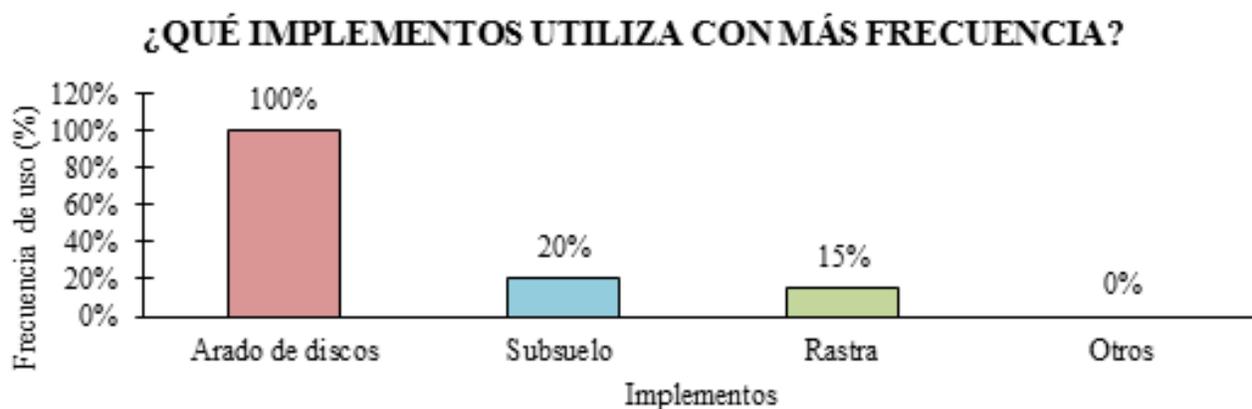
*Renta de implementos.* Sea ha observado que la gran mayoría de los agricultores rentan el servicio de los implementos o más claro del trabajo de preparación del suelo de acuerdo con la necesidad del trabajo a realizar, siendo esta también una fuente de ingresos el 90% contestó que sí y solo el 10% solo lo usa para producción solo propia (Figura 4).



**Figura 4.** Resultados del cuarto cuestionamiento a productores

CIMMYT. Muestra que la mayoría de los productores rentan la maquinaria esto comprueba que en su gran mayoría si prestan su servicio a cambio de una ganancia lo cual nos prueba los resultados obtenidos en la figura 4.

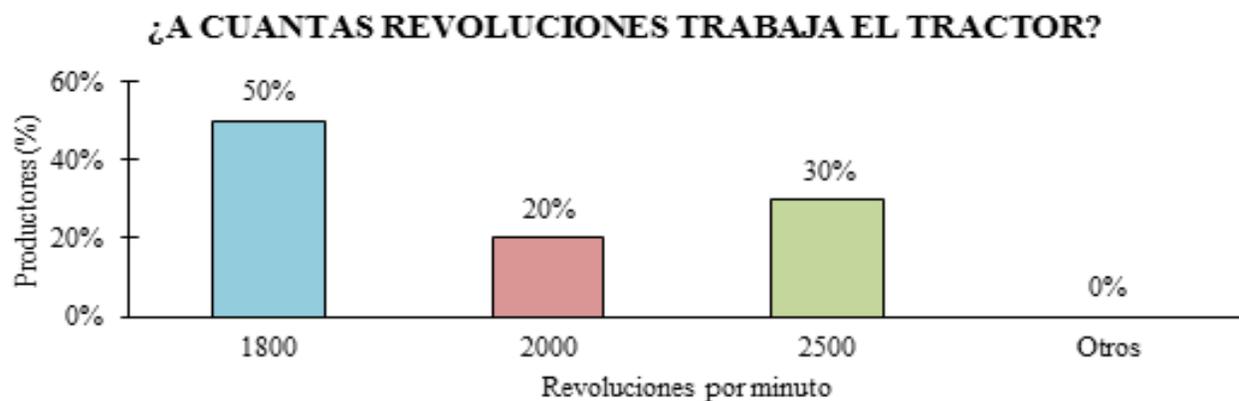
*Frecuencia de uso.* La frecuencia en la que se utiliza un implemento tiene mucho que ver el tipo de siembra, o cultivo que se emplea, en esta investigación se observó que los productores una gran mayoría sigue con la secuencia de ser más utilizado el arado de discos teniendo el 100% y ya con porcentajes menores podemos encontrar el subsuelo 20% un valor bajo, pero no menor a la rastra con un 15%, y otro tipo de implementos con el valor más bajo del 10% (Figura 5).



**Figura 5.** Resultados del quinto cuestionamiento a productores

Cortés *et al.* (2009) argumentan en su estudio de la mecanización agrícola, gestión, selección y administración de la de la maquinaria para las operaciones del campo, que la frecuencia en la que se usa los implementos es de acuerdo con el tipo de suelo que se trabaja, esto demuestra que los resultados obtenidos pudieran ser debido a el tipo de suelo con el que cuenta el municipio de Pilcaya.

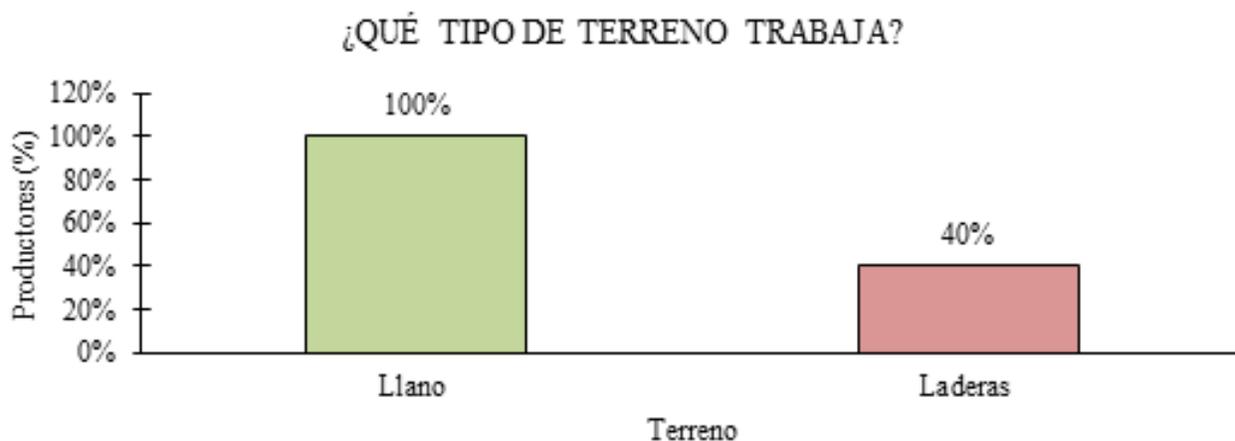
*Potencia en revoluciones.* Con el estudio que se realizó mostramos que hay una variedad respecto a las revoluciones en las que se debe trabajar un tractor el 50% expresó que es a 2000 revoluciones más abajo con 30% a 2500, y una minoría que 1800, argumentaron que esto depende la actividad que se realice y el tipo de terreno o suelo (Figura 6).



**Figura 6.** Resultados del sexto cuestionamiento a productores

Motor pasión. (2008). Argumenta en su revista el tema conducción eficaz de motor que las revoluciones recomendadas para trabajar un tractor de caballaje normal ronda desde las 1600 a las 2200, en la figura 6 de nuestra investigación se muestra que los agricultores están dentro de lo recomendable solo el 30% de la población sobrepasa estos números.

*Superficie de trabajo.* En el municipio de Pilcaya la superficie destinada más a la agricultura en su mayoría es llanos lo que se muestra con los resultados obtenidos muestran que 100% de los encuestados trabajan los llanos y solo el 40% de ellos las laderas debido a que estas se trabajan más en las comunidades de los alrededores y no se les es posible meter maquinaria agrícola (Figura 7).



**Figura 7.** Resultados del séptimo cuestionamiento a productores

En la revista hablamos del campo de 2018 muestra que el trabajar las laderas no se recomienda porque la fragilidad del suelo amenaza la productividad de la tierra. Esto sucede sobre todo en laderas empinadas donde la topografía es accidentada y hay riesgos de deslave, además, después del cultivo el suelo se desgasta y esto contribuye a inundaciones en los surcos, lo que coincide con el resultado de la Figura 7. Demostrando que muy poca gente trabaja los suelos de ladera, predominando así los llanos.

## Conclusiones

- La marca predominante de tractores fue New Holland.
- La mayoría de los agricultores cuentan con tractor e implementos indispensables para la preparación del suelo.
- Los implementos que posee el agricultor son en función al tipo de suelo que predomina en el lugar de origen.
- Los agricultores rentan el uso de sus implementos, ya que, de estos obtienes buenas ganancias.
- Los implementos más utilizados en la agricultura son en su mayoría los arados de cualquier tipo.

- Las revoluciones con las que se trabaja el tractor son en función con el trabajo que se esté realizando.
- Los terrenos destinados a la siembra son predominantemente llanos debido al fácil acceso para trabajar.

### **Agradecimientos**

A los productores que pese a su ocupada agenda con las labores de sus respectivos cultivos brindaron el tiempo necesario para la resolución de los cuestionamientos y con ello permitir la realización del presente estudio.

## Referencias

- Almaraz, S, H, f. G Marín, E. Mejía (2008), “Impactos y plan de gestión ambiental del laboreo convencional”, CES Med. *Veterinario. y Zootec.*, 3, (1): 36–40.
- ASAJA (2017). Campo Regional de jóvenes agricultores. Disponible en: <https://www.asajacyl.com/asaja-informa/opinion-asaja/el-analisis/cuales-fueron-las-marcas-mas-vendidas-tractores-espana-europa>. Consultado: 28/11/2020.
- Botta, G. y Dagostino, C. (2001). Mantenimiento de la maquinaria agrícola. Tomo XII, 40(2):1-94.
- Cadena, Z. M. S. Campo, E.M. Narro, F. y Gaytán, M. (2003). Predicción del tiempo oportuno para planear y operar sistemas de labranza Terra. *Terra Latinoamericana*. 21(4):545-549.
- CIMMYT (2020). Centro internacional de mejoramiento de maíz y trigo. Disponible en: <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/840/21262.pdf?sequence=1&isAllowed>. Consultado: 04/12/2020.
- Cortés M, E. Álvarez M, F. González S, H. (2009). La mecanización agrícola, gestión, selección y administración de la maquinaria para las operaciones del campo. CES. 4-2.
- Cuauhtémoc, N.J. (2011). Políticas de mecanización agrícola en México. *Iberoamericana*, 1(1):1-22.
- Gutiérrez, R, F. Hernández, A, J. González, H, A. Pérez, L, D. y Serrano, C, R. (2018). Diagnóstico de tractores e implementos agrícolas en el municipio de Atlacomulco, Estado de México. *Ciencias agrícolas*. 9-8. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i8.1549>.
- Hablemos del campo (2018). Agricultura en las laderas. Disponible en: <https://www.hablemosdelcampo.com/agricultura-en-laderas>. Consultado el: 30/11/2020.
- Manqui G, f. Allende, C, M. Villablanca, F, A. (2012). Preparación de suelos. *UNIA-URURI*. 61-1.
- Millán, A. (1983). Importancia de la preparación de tierras en la producción de maíz y sorgo. FONAIAP, 11(11):8-15.
- Motor pasión. (2008). Conducción eficaz con tractor. Disponible en: <https://www.motorpasion.com/otros/conduccion-eficiente-con-tractor>. Consultado: 04/12/2020.
- Santana, M. y Fuentes J. (1998). Preparación sustentable del suelo. *Cañaveral Cuba*, 4(4). 7-8.

# EFECTIVIDAD BIOLÓGICA DE SPIROTETRAMAT SOBRE PULGÓN AMARILLO DEL SORGO EN EL NORTE DE GUERRERO

*Miguel Casarrubias-Barrios*<sup>\*1</sup>, *José Francisco Díaz-Nájera*<sup>1</sup>, *Sergio Ayvar-Serna*<sup>1</sup>,  
*Ernesto Escobar-Bahena*<sup>1</sup>, *Cesar Samuel Cruz-Lira*<sup>1</sup>

<sup>\*1</sup> Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, [miguelcasarrubias240@gmail.com](mailto:miguelcasarrubias240@gmail.com)

<sup>1</sup> Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, [apigro1988@hotmail.com](mailto:apigro1988@hotmail.com)

<sup>1</sup> Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, [ernesto2022bahena@gmail.com](mailto:ernesto2022bahena@gmail.com)

<sup>1</sup> Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, [cesar.cruz@csaegro.edu.mx](mailto:cesar.cruz@csaegro.edu.mx)

## Resumen

El pulgón amarillo es una plaga que ataca diversos cultivos causando pérdidas desde un 30 a un 100 %, entre estos cultivos se encuentra el sorgo, el cual es de gran importancia, ya que, tiene una gran demanda en el mercado nacional e internacional. En este sentido, el objetivo de este estudio fue evaluar la efectividad biológica de spirotetramat (Movento) sobre pulgón amarillo, *Melanaphis sacchari* Zehntner (Hemiptera:Aphididae) del sorgo. Este trabajo se desarrolló en el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Se utilizó el genotipo Pionner 85P20 y un diseño en bloques completamente al azar. Se aplicaron diferentes dosis de Spirotetramat. Se evaluó la incidencia de pulgón amarillo después de la aplicación y los datos recolectados se sometieron a un análisis de regresión, análisis de varianza y una prueba de comprobación múltiple de medidas de Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Los resultados indican una eficiencia superior al 90 % en todas las dosis evaluadas.

**Palabras clave:** Eficiencia, Spirotetramat, Sorgo, Pulgón amarillo

## Antecedentes

El sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), tiene una gran demanda en el mercado nacional e internacional por parte de la industria, ya que es utilizado como alimento para el ser humano, como forraje y en la industria del etanol, entre otros (Rebollar *et al.*, 2016). El pulgón amarillo (*Melanaphis sacchari*) es una plaga que ataca diversos cultivos gramínicos, donde las pérdidas varían desde un 30 a un 100 %, dependiendo de los niveles de infestación. Además, la presencia de la plaga puede asociarse a diversas enfermedades del sorgo. Para ello el uso de insecticidas reduce el daño en más del 90 %, con lo que se incrementa el rendimiento en un 77 %, es decir, 5 ton/ha con respecto al testigo sin aplicar. Además, el control químico coadyuva a la reducción de enfermedades del sorgo asociadas a la presencia de esta plaga (INIFAP, 2014).

## Objetivo(s)

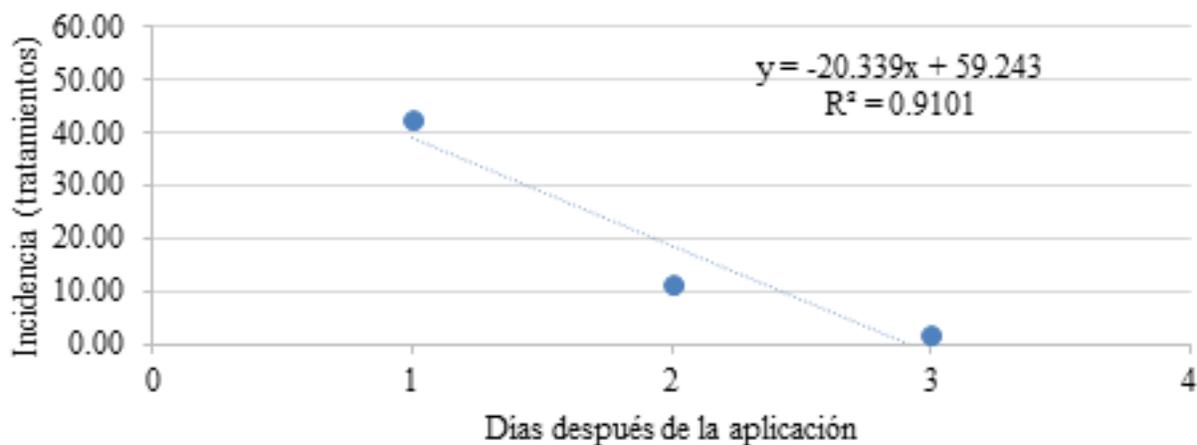
Evaluar la efectividad biológica de spirotetramat (Movento) sobre pulgón amarillo del sorgo.

## Parte experimental (u otro título similar si es más descriptivo de lo presentado)

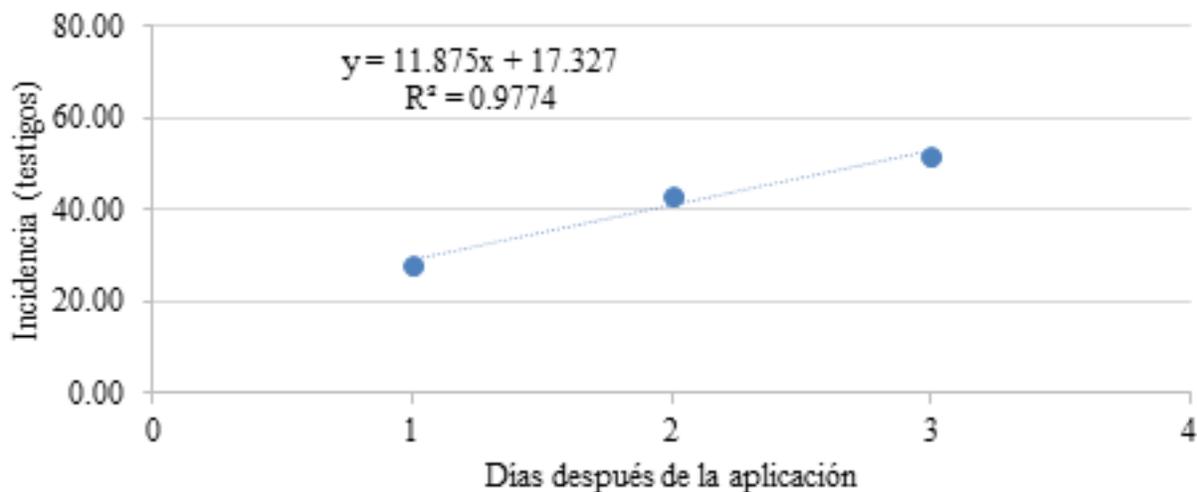
El experimento se desarrolló en el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, ubicado en la carretera Iguala-Cocula km 14.5, entre marzo y abril del 2022. Se utilizó un sustrato de 100 % limo, en 30 unidades experimentales que fueron bolsas de polietileno de 2 kilogramos distribuidas de acuerdo con un diseño experimental en bloques completamente al azar (DBCA), con 6 repeticiones cada uno. Se utilizó el genotipo Pionner 85P20. Cada maceta tenía establecidas de 1-2 plantas de sorgo que se infestaron con pulgón amarillo extraído del pasto forrajero Jhonson procedente del CEP. Establecido el pulgón se suministraron los siguientes tratamientos vía foliar (T1) 50 mL ha<sup>-1</sup>, (T2) 75 mL ha<sup>-1</sup>, (T3) 100 mL ha<sup>-1</sup>, (T4) 125 mL ha<sup>-1</sup> de spirotetramat y un testigo (T5), la variable de estudio fue la incidencia de población del pulgón después de la aplicación de spirotetramat, la primera evaluación se realizó un momento antes de la aplicación de los tratamientos, posteriormente se tomaron evaluaciones a las 24 y 48 horas, los datos recolectados se sometieron a un análisis de regresión, análisis de varianza y una prueba de comprobación múltiple de medidas de Tukey ( $\alpha=0.05$ ).

## Resultados y discusión

Los datos de los tratamientos se ajustaron al modelo de regresión lineal ( $R^2 = 0.9101$ ), con una reducción de la incidencia de la plaga de  $- 20.339$  en promedio (Figura, 1) El testigo registró un incremento de pulgones en plantas de sorgo, con un promedio de  $11.87$  (Figura 2), los datos se ajustaron al modelo de regresión lineal de ( $R^2 = 0.9774$ ).



**Figura 1.** Modelo de regresión lineal de los tratamientos sobre la incidencia de pulgón amarillo en sorgo



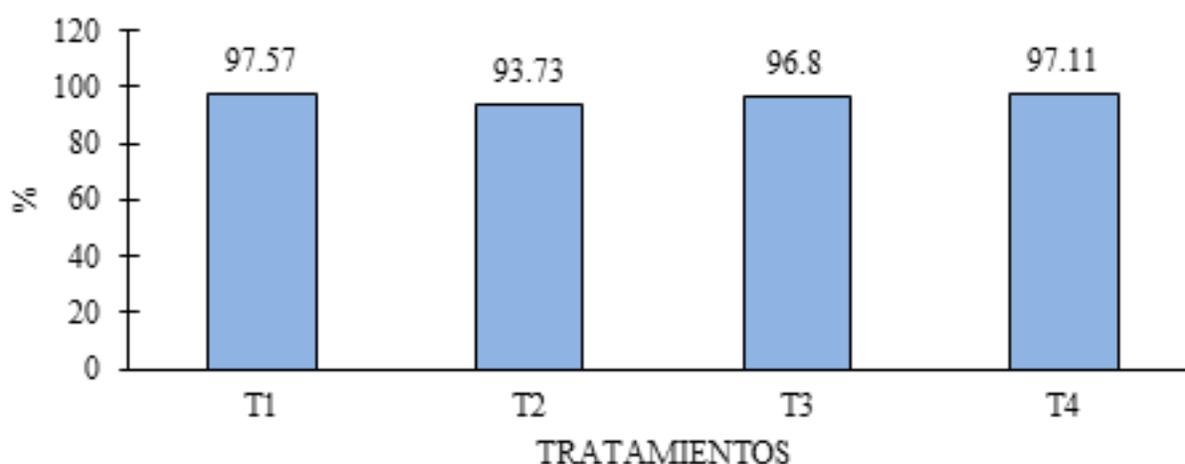
**Figura 2.** Modelo de regresión lineal del testigo sobre la incidencia del pulgón amarillo en sorgo

En la primera evaluación no se presentaron diferencias significativas ( $P=0.5987$ ) entre los tratamientos. Por otro lado, en la segunda y tercera evaluación se obtuvieron diferencias altamente significativas ( $P= <.0001$ ) (Tabla 1).

Al final del estudio todas las dosis del insecticida spirotetramat obtuvieron una efectividad superior al 90 % (Figura 3).

Tabla 1. Incidencia del pulgón amarillo en sorgo				
Tratamiento	Producto	Número de pulgones amarillos		
		Evaluación 1	Evaluación 2	Evaluación 3
T1	Spirotetramat (50 mL ha <sup>-1</sup> )	30.083A	10.75B	1.25 B
T2	Spirotetramat (75 mL ha <sup>-1</sup> )	31.33A	13.08B	3.25 B
T3	Spirotetramat (100 mL ha <sup>-1</sup> )	25.25A	10.33B	1.66 B
T4	Spirotetramat (125 mL ha <sup>-1</sup> )	83.71A	10.58B	1.5 B
T5	Testigo	28.16A	43.16A	51.91 A
Prob. (Pr > F)		0.5987	<.0001	<.0001
DSH		15.088	10.88	7.4

*Valores de las medias con letras iguales en la misma columna son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). DSH: diferencia significativa honesta.*



**Figura 3.** Efectividad biológica de spirotetramat contra el pulgón amarillo

En un experimento realizado por Cortez-Mondaca *et al.* (2018) reportaron el uso del insecticida Movento (spirotetramat) contra el pulgón amarillo del sorgo *Melanaphis sacchari* (Zehntner) en el norte de Sinaloa, obtuvieron resultados satisfactorios en el control de la plaga, y que coinciden con los obtenidos en el presente estudio.

## Conclusiones

De acuerdo con los datos obtenidos de los tratamientos evaluados determinamos diferencias significativas, ya que mostraron una efectividad biológica mayor a 90 %.

## Agradecimientos

Al Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero por permitir el uso de las instalaciones de campo experimental, así como, por la aportación de los productos para que esta investigación se llevara a cabo en tiempo y forma.

## Referencias

- Cortez-Mondaca, E., Valenzuela-Escoboza, F. A., Lopez-Guzman, J. A., Pérez-Márquez, J., & Gallegos, T. M. (2018). Efectividad biológica de aficidas sobre el pulgón amarillo del sorgo *Melanaphis sacchari* (Zehntner) en el norte de Sinaloa. *Revista Bio Ciencias*, 5, 7.
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). (2014). Control químico del pulgón amarillo del sorgo. Sorgo, sanidad vegetal, insecticidas. Consultado en: <http://inifapcirne.gob.mx/Eventos/2015/PULG%C3%93N%20AMARILLO%20SORGO.pdf>. Fecha de consulta: 14/10/2022.
- Rebollar-Rebollar, S., Hernández-Martínez, J., González-Razo, F., García-Martínez, A. (2016). Efecto de una política de importaciones sobre el mercado del sorgo (*Sorghum vulgare* Pers) en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, enero-junio, 229-240.

# ESCUELA DE CAMPO PARA LA AGRICULTURA FAMILIAR EN TIEMPOS DE COVID-19: SALSA MEXICANA, FIBRA Y SEMILLA DE JITOMATE DESHIDRATADAS

*Matilde Réséndiz-Castro<sup>1,2</sup>, Cristian Jiménez Martínez <sup>\*2</sup>, Luis Jorge Corzo Ríos<sup>3</sup>, Rosalba Zepeda-Bautista<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>*División Académica de Procesos de Producción, Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, [matilde.resendiz@utfv.edu.mx](mailto:matilde.resendiz@utfv.edu.mx)*

<sup>2</sup>*Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, [cjimenezh@ipn.mx](mailto:cjimenezh@ipn.mx)*

<sup>3</sup>*Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología Interdisciplinaria, Instituto Politécnico Nacional, [lorzo@ipn.mx](mailto:lorzo@ipn.mx)*

<sup>4</sup>*Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, [rzepedab@ipn.mx](mailto:rzepedab@ipn.mx)*

## Resumen

La pandemia por COVID-19 ha dejado rezago en todas las economías del mundo. La agricultura familiar es un eje para fortalecer estrategias sostenibles de producción familiar. En particular, la producción de jitomate en la agricultura protegida es una alternativa para disponer de este fruto durante casi todo el año, sin embargo, los productores se enfrentan con la saturación estacional del mercado, ante los precios competitivos de la producción de los grandes productores. Por ello este trabajo reporta el resultado de la participación de los productores en la escuela de campo, para capacitarse en el proceso de conservación sustentable del jitomate en los productos: salsa mexicana, fibra y semilla. A la escuela de campo ubicada al Noreste del Estado de México, asistió el 50% de los productores, convocados quienes recibieron dos capacitaciones para mejorar su actividad productiva y para el procesamiento del jitomate como opción de conservación.

**Palabras clave:** nuevos productos de jitomate, procesamiento de jitomate, agricultura familiar, conservación del jitomate, escuela de campo.

## Antecedentes

La agricultura protegida en México ha crecido rápidamente en el periodo de 2003 a 2017, siendo el jitomate la hortaliza más producida a nivel nacional con 68% del total de producción. El Estado de México se encuentra entre los 10 estados con este sistema de producción primario. Las exportaciones registran tendencia hacia el alza siendo Estados Unidos el principal destino del jitomate (AMHPAC, 2018).

Aun cuando las exportaciones reportan crecimiento, la agricultura familiar padece la saturación estacional en ciertas partes del Noreste de la República Mexicana. Por ello, se ha sugerido dar valor agregado a la producción de jitomate, mediante su secado para explotar nichos de mercado (SAGARPA, 2017; Hernández-Rodríguez *et al.*, 2011).

## Objetivo

Este trabajo tiene como objetivo mostrar los resultados de la capacitación de producción de jitomate y elaboración de salsa mexicana, fibra y semilla, proporcionada mediante escuela de campo en una unidad de producción familiar, a partir de la obtención de un diagnóstico de los productores de jitomate en agricultura protegida en el Noreste del Estado de México (Jarquín Sánchez *et al.*, 2017; Vargas Canales *et al.*, 2009). Mediante un Análisis Multidimensional, Sistémico y Transdisciplinario para la Investigación Agrícola (AMSTIA) (Domínguez-Hernández y Zepeda-Bautista, 2021), se pretende que la propuesta sea adoptada por los agricultores para apoyar su economía, mediante los métodos de deshidratación y mezclas.

## Parte experimental (u otro título similar si es más descriptivo de lo presentado)

Para la escuela de campo se instaló en una unidad de producción familiar de una de las productoras, ubicada en la localidad de San José del Vidrio, en el municipio de Nicolás Romero, Estado de México. Se contó con la participación de 14 productores. El 87% de los participantes eran mujeres. Se utilizan las Fases 3 a la 6 de la metodología AMSTIA (Domínguez-Hernández y Zepeda-Bautista, 2021) consistentes en: Fase 3. Identificación de factores que afectan a la producción; Fase 4. Diseño de la intervención; Fase 5. Diseño de formularios para la evaluación de la intervención y Fase 6. Capacitación para el establecimiento de las unidades de producción demostrativas.

## Resultados y discusión

En la Fase 3 de la metodología AMSTIA (Domínguez-Hernández y Zepeda-Bautista, 2021), se utilizó la información recabada a través de la aplicación de una encuesta a los productores. La información recabada muestra el interés de los participantes en conocer métodos de conservación del jitomate tales como: jitomate liofilizado, puré de jitomate, salsa de jitomate, salsa cátsup y mermeladas. Derivado del nivel de experiencia bajo, de las productoras y productores situado en 11% en el procesamiento de jitomate, se consideraron las condiciones locales y de infraestructura locales para elegir la propuesta de conservación de los productos de jitomate: salsa mexicana, fibra y semilla deshidratadas. Como lo indican el trabajo de García-Sánchez et al. (2018), es preciso considerar la implementación de proyectos a partir de considerar las características territoriales orientados al fortalecimiento de los sistemas de innovación.

Como resultado de la Fase 4 Diseño de la intervención se realizó la planeación de la capacitación (Grados, 2005). Se planeó la fecha del 22 de octubre de 2022 y se diseñó una invitación en dos niveles vía telefónica para localizar a los productores y en un segundo nivel se les que se envió la invitación electrónica mediante aplicación WhatsApp. Con lo anterior se confirma la asistencia de los participantes para determinar los insumos económicos de la capacitación.

PROGRAMA	PRESENTAN
10 a 10:30 hrs. Registro de asistencia	Dra. Matilde Reséndiz Castro
10:30 a 12:30 hrs. <b>Temática 1:</b> Sistema de Producción de jitomate en invernadero.	M. C. Francisco Suazo López
12 a 13:00 hrs. Retroalimentación	Dra. Cristian Jiménez Martínez
13:00 a 15:30 hrs. <b>Temática 2:</b> Producción y Elaboración de Salsa Mexicana, Fibra y Semilla deshidratadas.	Dr. Luis Jorge Corzo Ríos
15:30 a 16:30 hrs. Retroalimentación	Dra. Rosalba Zepeda Bautista
16:30 a 17:30 hrs. Entrega de constancias	Dra. Norma Esmeralda Rodríguez Ramírez

**Figura 1.** Brouchere Escuela de Campo, capacitación de productores.

La invitación contiene la información relevante (nombre, fecha, lugar, ubicación, duración, grupo de investigadores presentes) del curso de capacitación como lo muestra la Figura 1 Brouchere Escuela de Campo, capacitación de productoras y productores. Se consideraron los materiales tales como: cafetería, refrigerio, manual de capacitación,

constancias de participación, materiales para la demostración y explicación de los procesos, listas de asistencia y registro de recepción del manual de capacitación. La papelería como el manual contienen los logotipos institucionales que intervinieron en el proyecto de investigación. También se consideró el mobiliario necesario para la permanencia de los participantes.

En consideración a la logística de la capacitación se realizó un programa con las actividades, con tiempos y responsables a manera de guía. Lo anterior con la finalidad de cubrir y cumplir con la dinámica de la capacitación.

En la Fase 5. Diseño de formularios para la evaluación de la intervención, se elaboró un manual de capacitación para la elaboración de salsa mexicana, fibra y semilla de jitomate deshidratados. En buena medida la producción de muestras suficientes de los productos a base de jitomate y la edición del manual determinaron la planeación y ejecución de la capacitación. Los apartados del manual muestran de forma sencilla, clara y sustentada la definición de los productos a base de jitomate, su importancia, su beneficio, los materiales e insumos para su procesamiento, la descripción del proceso y plantillas para el registro de los procesos de cada ingrediente, así como los porcentajes de las mezclas necesarias para la formulación de la salsa mexicana de jitomate en sus tres presentaciones: fresco, hervido y asado.

En la Fase 6 corresponde a la capacitación para el establecimiento de las unidades de producción demostrativas. En la dinámica se consideró la participación de las productora y productores. En primer lugar, con la temática de Sistema de producción de jitomate, a nivel de recordar y afirmar los conocimientos desde la germinación hasta la cosecha, con la información expuesta por el experto, los participantes ingresaron al invernadero para interactuar en campo la información recibida y exponer casos concretos de experiencia en sus unidades de producción. Lo anterior permitió ahondar en aspectos fundamentales de control de plagas y enfermedades, rendimiento y cuidados en general de la hortaliza de jitomate. Lo anterior permite cierta reflexión, acción y participación (Ander-Egg, 2003). La Figura 2 muestra la participación en contexto de las productora y productores.



**Figura 2.** Reflexión y acción en escuela de campo con productoras y productores de jitomate del Noreste del estado de México.

En la temática proceso de elaboración de la salsa mexicana, fibra y semilla de jitomate deshidratadas, se invitó a las productora y productores a realizar una mezcla de ingredientes para hacer una muestra de salsa con base en los porcentajes indicados en el manual. De manera simultánea un grupo de productoras y productores voluntarios, participaron en la calificación de pruebas sensoriales mediante la degustación de 9 muestras de salsa mexicana de jitomate deshidratada. Con ello se integra a la investigación la acción participativa de los involucrados, lo que permitiría compartir con los participantes la propuesta de una forma activa (Ison, 2008). La Figura 3 muestran la integración de los participantes con la preparación y calificación de la salsa mexicana de jitomate.



**Figura 3.** Integración en escuela de campo de productoras y productores de jitomate del Noreste del estado de México en el proceso de mezcla de para preparar salsa mexicana de jitomate deshidratada.

Si bien la capacitación es un buen comienzo para involucrar a las y los productores, el tiempo que requieren para implementar unidades productivas lleva su tiempo (Ortiz *et al.*, 2013). El seguimiento y asesoramiento en la aplicación de la salsa mexicana fibra y semilla deshidratadas dependerá en buena medida de encontrar el mercado idóneo para comercializar sus productos.

## Conclusiones

Las Fases 3 a la 6 de la metodología AMSTIA es útil en la integración de contextual y participativa de las productora y productores de jitomate del Noreste del Estado de México. Se destaca el valor de la identificación de las necesidades mediante un levantamiento de información basado en la actividad del agroecosistema de la producción de jitomate.

Considerar las capacidades de infraestructura de la localidad, así como los aspectos de producción del jitomate para mejorar el rendimiento, las dificultades con la producción de este y la germinación siguen siendo aspectos de importancia para los productores. Se resalta la necesidad de acompañamiento técnico permanente para lograr el apoyo integral entre los involucrados en el agroecosistema: productoras y productores, técnicos, investigadores y representantes institucionales.

Resalta la necesidad de establecer mecanismos de comunicación permanente con las productoras y productores para afirmar y fortalecer en cada ciclo de producción de jitomate, los requerimientos y oportunidades que plantea su procesamiento, pero más aún el rendimiento a través de análisis de sustrato que les permita economizar insumos y así estar en condiciones de innovar.

## Agradecimientos

Los autores agradecen al CONACYT por el financiamiento del proyecto 2150016, a la Universidad Tecnológica Fidel Velázquez, a la Delegación regional de desarrollo agropecuario de Cuautitlán Izcalli, al Centro de Apoyo al Desarrollo Rural del municipio de Nicolás Romero en el Estado de México.

## Referencias

- AMHPAC (2018). Agricultura Protegida en México. Disponible en: <http://amhpac.org/2018/images/PDFoficial/HorticulturaenMexico.pdf>
- Ander-Egg, E. (2003). *Repensando la investigación-acción-participativa* (pp. 171-182). Lumen-Humanitas.
- Domínguez-Hernández M., y Zepeda-Bautista R. (2021) Análisis Multidimensional, Sistémico Y Transdisciplinario Para La Investigación Agrícola (AMSTIA), Derechos de autor
- García-Sánchez, E. I., Vargas-Canales, J. M., Palacios-Rangel, M. I., y Aguilar-Ávila, J. (2018). Sistema de innovación como marco analítico de la agricultura protegida en la región centro de México. Cuadernos de Desarrollo Rural, 15 (81), 1-24. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.cdr15-81.sima>
- Grados, J. (2005). Capacitación y desarrollo de personal, Trillas, México, 28-231.
- Hernández-Rodríguez, José, & Quinto-Diez, Pedro, & Flores-Murrieta, Fernando Enrique, & Acosta-Olea, Roberto, & Fernández-Castillo, Antonio (2011). Estudio de la cinética de secado de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.). Científica, 15(3),125-130. [fecha de Consulta 31 de mayo de 2022]. ISSN: 1665-0654. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61420811004>
- Ison, R. (2008). System thinking and practice for Action research. En Reason P, y Bradbury H. (ed) Action research: Participative inquiry and practice. Sage, London, pp 139-158
- Jarquín Sánchez, Natalia Helena, Castellanos Suárez, José Alfredo, & Sangerman-Jarquín, Dora Ma. (2017). Pluriactividad y agricultura familiar: retos del desarrollo rural en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(4), 949-963. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i4.19>
- Ortiz Jiménez, Bersaín, Rendón Medel, Roberto, & Quispe Limaylla, Anibal, & Morales Guerra, Mariano, & Rendón Sánchez, Gilberto, & Jiménez Sánchez, Leobardo, & Turrent Fernández, Antonio (2013). Nivel de adopción de tecnologías para la producción de jitomate en productores de pequeña escala en el estado de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(3),447-460.[fecha de Consulta 27 de mayo de 2022]. ISSN: 2007-0934. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263127575009>
- SAGARPA (2017). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Disponible en: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257077/Potencial-Jitomate.pdf>
- Vargas Canales, Juan Manuel, Palacios Rangel, María Isabel, Camacho Vera, Joaquín Huitzilihuitl, Aguilar Ávila, Jorge, & Ocampo Ledesma, Jorge Gustavo. (2015). Factores de innovación en agricultura protegida en la región de Tulancingo, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(4), 827-840.

# *Trichoderma* sp., COMO AGENTE PROMOTOR DE CRECIMIENTO EN MAÍZ

Alan Jetzael Zepeda Zuñiga<sup>1</sup>, Emilio Raymundo Morales Maldonado<sup>1</sup>,  
José Francisco Diaz Nájera<sup>\*2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Tecnológico Superior de Huichapan, [a18021233@iteshu.edu.mx](mailto:a18021233@iteshu.edu.mx)

<sup>\*2</sup> Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, [francisco.najera@csaegro.edu.mx](mailto:francisco.najera@csaegro.edu.mx)

## Resumen

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de cuatro cepas de *Trichoderma* sobre la germinación de *Zea mays*. La investigación se desarrolló en el laboratorio de fitopatología en el Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Se utilizó un diseño aleatorio completamente al azar con cinco tratamientos y diez réplicas, cada uno con los siguientes productos, (T1) *Trichoderma harzianum* cepa comercial, (T2) *Trichoderma Cocula* cepa nativa, (T3) *Trichoderma CSAEGRO* cepa nativa, (T4) *Trichoderma virens* cepa comercial y (T5) sin tratamiento. Se realizó la siembra *in-vitro* de diez semillas de maíz por caja Petri con medio PDA inoculadas con  $10^6$  UFC. Las variables de estudio fueron tasa de crecimiento, índice de vigor y tasa de germinación. A los datos obtenidos, se les realizó un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias por el Tukey en el programa de análisis estadístico SAS.

**Palabras clave:** *Trichoderma*, germinación, nativas, crecimiento.

---

## Antecedentes

Actualmente se han realizado estudios donde se comprobó que los hongos del género *Trichoderma* producen sustancias que estimulan el crecimiento y desarrollo de las plantas, a través del establecimiento de relaciones simbióticas con estas. Dichas sustancias actúan como catalizadores o aceleradores de los tejidos meristemáticos primarios en las partes jóvenes de aquellas, por lo que inducen su reproducción celular, y así alcanzan un desarrollo más rápido que las que no hayan sido tratadas con dicho microorganismo (Hoyos et al. 2011).

En trabajos recientes se planea que existe evidencia de que *Trichoderma* sp. puede inducir el crecimiento de las plantas al actuar como bioestimulante, aun en condiciones en las que el suelo esté libre de patógenos (Keyser et al. 2016).

Se consideran bioestimulantes a todos aquellos compuestos orgánicos que difieren de los nutrientes. En pequeñas cantidades fomentan, inhiben o modifican los procesos fisiológicos de las plantas (Sanivada et al. 2014).

La inoculación con *Trichoderma* provoca, también, una serie de efectos secundarios en la planta como la producción de vitaminas y de gran cantidad de enzimas. Ello hace que la raíz absorba mejor los nutrientes y esta crezca más rápido (Páez 2008).

Hay estudios que señalan que *Trichoderma harzianum* estimula la germinación y el crecimiento de plántulas de maracuyá *Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener. También, demostraron su actividad antagonista frente al patógeno *Fusarium spp* (Cubillos et al. 2011).

Otros autores han comprobado que la inoculación con *T. harzianum* aporta beneficios a través de la descomposición de la materia orgánica. Al ocurrir este proceso, se liberan nutrientes que de otra forma no estarían disponibles y, además, se favorece la actividad de solubilización de los fosfatos (Awasthi et al. 2011).

López et al., (2008) realizaron análisis de los compuestos que secreta *T. virens*, encontrando tres compuestos de naturaleza auxínica el indol-3-acético (AIA), indol-3-acetaldehído (IAid) e indol-3-etanol (IEt). En el trabajo mencionan también que en la estimulación de crecimiento vegetal participan reguladores de crecimiento del tipo auxínico y que en análisis celulares se observó que existe un efecto promotor de la división y elongación celular.

Considerando todo lo anteriormente expuesto, este trabajo se propuso como objetivo seleccionar cuatro cepas de *Trichoderma* y observar su capacidad estimuladora de la germinación en maíz.

## Objetivos

Determinar el efecto de *Trichoderma sp.* sobre la germinación y vigor en maíz (*Zea mays* var. DK357).

Determinar el efecto de *Trichoderma sp.* sobre el crecimiento en etapas iniciales del maíz (*Zea mays* var. DK357).

## Parte experimental

El trabajo se realizó en instalaciones del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero dentro del centro de estudios profesionales en el laboratorio de fitopatología del departamento de fitotecnia. Se utilizó semilla de la variedad maíz Blanco DK357. En cuanto a las cepas de *Trichoderma* tres de ellas se reactivaron y purificaron en cajas petri con PDA (*T. harzianum*, *T. CESAEGRO* y *T. Virens*). Con excepción de *T. Cocula* la cual fue aislada de una muestra de suelo agrícola; para su purificación fue necesario hacer una dilución en placa de un gramo de suelo y posteriormente un estriado en cajas Petri con medio de cultivo PDA para su crecimiento. Las cepas se incubaron a una temperatura promedio de  $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  durante 15 días. A partir de estos cultivos esporulados, se preparó una suspensión de  $10^6$  esporas/mL en agua destilada estéril.

## Conteo de esporas

Para realizar una suspensión de  $10^6$  esporas/mL<sup>-1</sup> se realizó un conteo de esporas en la cámara de Neubauer visto bajo microscopio. Para ello se realizó un raspado de 2 cajas Petri de cada cepa y se preparó una dilución concentrada en 50 mL de agua destilada en vasos de precipitado de 200 mL. Posteriormente se tomaron 4 tubos de ensayo con 9 mL de agua destilada estéril en los cuales se realizó una dilución de 1/10 tomando un mL de solución concentrada con una pipeta de un mL y colocándolo en el tubo de ensayo respectivamente para cada cepa. Para realizar el conteo de cada disolución con ayuda de la micropipeta se tomaron 100  $\mu\text{L}$  de cada tubo y se colocaron en la cámara de Neubauer para su observación en microscopio.

## Siembra y germinación *in vitro* de semillas

Se preparó un litro de PDA como medio de cultivo; para poder medir un volumen de 20 ml por cada caja Petri se utilizó una probeta de 50 ml con la cual se midió el volumen requerido, posteriormente se vació en tubos de ensayo para su esterilización en autoclave a 121°C con 15 PSI por 15 min. Terminado este procedimiento se realizó un vaciado de los tubos de ensayo en las cajas Petri. Se dejó solidificar el medio por media hora, seguidamente se colocaron diez semillas de maíz por caja las cuales previamente fueron lavadas con agua destilada 2 veces durante 1 min, desinfectadas con alcohol a 70 % por 30 segundos e hipoclorito de sodio al 1 % por 30 segundos y finalmente se dejaron remojando por 30 min en agua destilada estéril. Las semillas fueron colocadas una por una dentro de las cajas de manera uniforme. Cada unidad experimental fue inoculada con 1 mL de suspensión de la cepa y concentración correspondiente; a cada tratamiento se le agregó una disolución de 0.7 ml de esporas en agua destilada estéril; el tratamiento testigo (sin inocular) sólo se le agregó 0.7 mL de agua destilada estéril. Todo este procedimiento se realizó dentro de la campana de extracción de flujo.

Se estableció un diseño experimental completamente al azar con cinco tratamientos cada uno con 10 réplicas teniendo así un total de 50 unidades experimentales. Todas las cajas se mantuvieron en oscuridad los primeros 2 días, posteriormente se colocó iluminación con luz blanca de 1080 lúmenes a una temperatura media de  $28 \pm 2^\circ\text{C}$ . Se realizaron observaciones diarias durante 8 días, registrando el número de semillas germinadas, considerando semillas germinadas aquellas cuya radícula alcanzó 2 mm de longitud. Los datos se sometieron a un análisis estadístico y una prueba de medias por el método de Tukey  $\alpha \leq 0.05$  mediante el programa Statistical Analysis System (SAS Institute).

## Resultados y discusión

En la primera evaluación se observaron diferencias no significativas por efecto de los tratamientos, es decir, todos los tratamientos se comportaron estadísticamente similares ( $\text{ns } \alpha > 0.05$ ). En la segunda y tercera evaluación, se presentaron diferencias altamente significativas ( $\alpha \leq 0.01$ ), se observó que el T3 y T4 obtuvieron las menores tasas de crecimiento mientras que el T5 obtenía la mayor tasa de crecimiento (Cuadro 1). En la tercera evaluación, se observaron diferencias altamente significativas, donde

a las 72 horas se observó una germinación del 50 % en el T1 y T5, mientras que el T4 obtuvo la menor tasa de crecimiento. Para las observaciones cinco, seis y siete se obtuvieron resultados similares en donde el T1 y T5 tienen la tasa de crecimiento más alta, observando siempre que el T5 tiene los valores más altos y el T4 los más bajos, mientras que T2 y T3 de la segunda a la sexta evaluación se comportaron estadísticamente similar. La mejor respuesta se obtuvo con el T5 (Testigo) quien a los 8 días contaba con una tasa de crecimiento mayor al 90 % según Tuckey para  $p \leq 0.05$ ., mientras que los tratamientos dos y tres lograron este resultado hasta las 168 h y el cuarto a las 196 horas. Se observó que el T4 obtuvo la menor tasa de germinación y de crecimiento durante todo el experimento.

En cuanto a la tasa de germinación también se detectaron diferencias altamente significativas ( $\alpha \leq 0.05$ ), donde T5 y T1 sobresalen de los demás tratamientos con una tasa mayor al 50%; mientras que el T4 (*Trichoderma virens*) obtuvo la tasa de germinación más baja (Gráfico 1).

Para el índice de vigor los resultados fueron similares los tratamientos T5 y T1 presentaron los índices más altos y T4, los más bajos. Aunque T2 y T3 no presentan diferencias significativas se observó que presentaron un crecimiento más homogéneo y constante durante el periodo de evaluación. (Gráfico 1).

Respecto a la tasa de crecimiento Suárez *et al.* (2011) presentó resultados similares donde al realizar estudios en semillas de cacao (*Theobroma cacao L.*) con *Trichoderma stromaticum* demostraron que dicho antagonista estimuló la germinación y el crecimiento de las plantas, disminuyendo el tiempo en dos días menos respecto del testigo. Por otro lado, Mejías (2017) demostró que tanto en las concentraciones 1:200 como 1:400, las cepas de *T. harzianum* A29 y A20 estimularon la germinación de las semillas de frijol y de maíz respecto del testigo. En iguales concentraciones, las cepas de *T. viride* T4 y T5, tuvieron un efecto estimulante de la germinación inferior al logrado con *T. harzianum* A29 y A20 pero que, en el caso de las semillas aludidas, resultó superior al obtenido en el testigo.

Cuadro 1. Comparación de los valores promedio de la tasa de crecimiento en función de los tratamientos.

		Tasa de crecimiento							
T°	Producto	Evaluación 1 (24 hora)	Evaluación 2 (48horas)	Evaluación 3 (72 horas)	Evaluación 4 (96 hora)	Evaluación 5 (120 has)	Evaluación 6 (144 hora)	Evaluación 7 (168 hora)	Evaluación 8 (196 hora)
T1	<i>Trichoderma harzianum</i>	0.00 a	0.22 ab	0.50 a	0.57 a	0.62 ab	0.65 ab	0.76 ab	0.80 ab
T2	<i>Trichoderma Cocula cepa nativa</i>	0.00 a	0.19 ab	0.36 ab	0.39 ab	0.43 bc	0.46 bc	0.51 c	0.55 c
T3	<i>Trichoderma CSAEGRO cepa nativa</i>	0.00 a	0.10 b	0.31 ab	0.38 ab	0.44 bc	0.48 bc	0.64 bc	0.69 bc
T4	<i>Trichoderma virens</i>	0.00 a	0.10 b	0.15 b	0.22 b	0.25 c	0.29 c	0.42 c	0.54 c
T5	Control sin tratamiento	0.00 a	0.29 a	0.52 a	0.67 a	0.74 a	0.88 a	0.92 a	0.93 a

Valores de medias con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferentes (Tukey  $\alpha \leq 0.05$ ). DSH: Diferencia significativa honesta de Tukey.

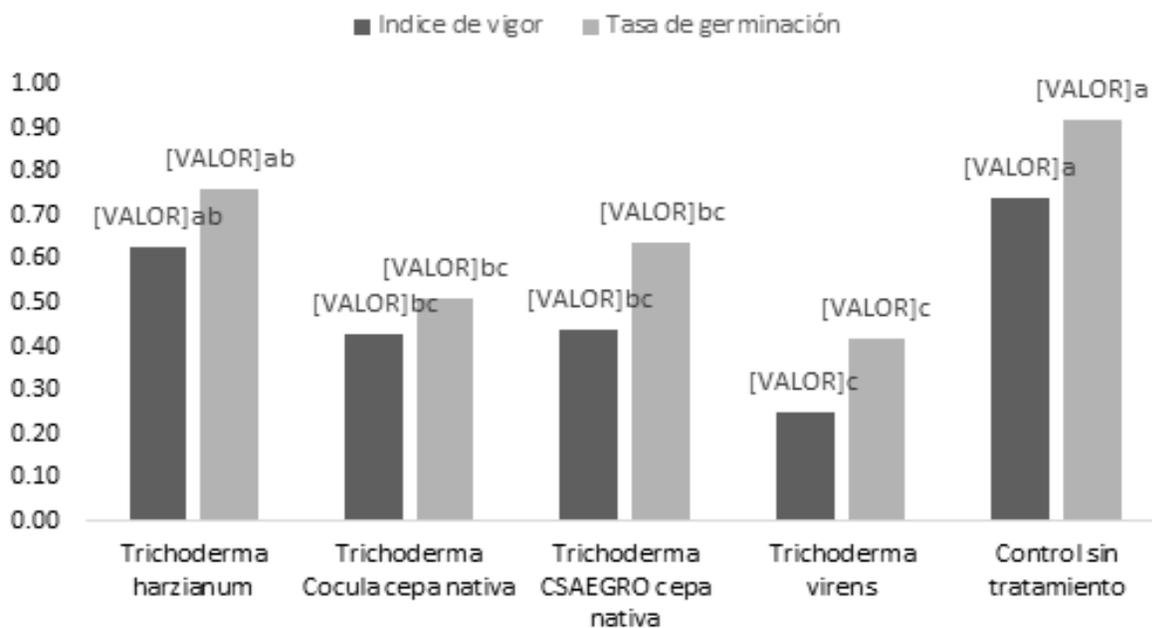


Figura 1. Índice de vigor y tasa de germinación media, respecto a los tratamientos.

## Conclusiones

El tratamiento cinco (sin tratamiento) se mantuvo con los valores más altos de germinación índice de vigor y tasa de crecimiento seguido de T1 (*Trichoderma harzianum*). De igual forma las 4 cepas evaluadas no tuvieron el efecto esperado ya que no se observó una correcta germinación y desarrollo de maíz, se presentó una gran variación en las variables evaluadas, sobresaliendo en germinación. Sin embargo, la cepa comercial *Trichoderma harzianum* presenta una tasa de crecimiento, germinación y vigor mayor a las demás cepas evaluadas; *T. harzianum* obtuvo valores comparables a los del testigo durante las primeras 96 horas, después de este tiempo se presentó una mayor germinación en T5.

También se observó que T2 y T3 presentaron un crecimiento y germinación más homogénea durante el periodo de evaluación. Mientras que T4 presentó la menor tasa de germinación.

Los resultados anteriores se pueden atribuir a que bajo ciertas condiciones *Trichoderma* puede actuar como un antagonico en el crecimiento dependiendo al número de UFC que se aplican en el medio de cultivo o a la rápida colonización de la semilla y raíces del cultivo en cuestión.

## Agradecimientos

Al Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero por permitir el uso de las instalaciones del laboratorio y aportación de instrumentos y materiales para que esta investigación se pudiera realizar en tiempo y forma.

## Referencias

- Awasthi, R; Tewari, R; Nayyar, H. (2011). Synergy between plants and P-solubilizing microbes in soils: effects on growth and physiology of crops. *International Research Journal of Microbiology* 2 (12):484-503
- Cubillos, H, J, G; Valero N; Mejía L. (2011). Evaluación de la capacidad biocontroladora de *Trichoderma harzianum* Rifai contra *Fusarium solani* (Mart.) Sacc. asociado al complejo “secadera” en maracuyá, bajo condiciones de invernadero. *Medellín* 64(1):5821-5830
- Hoyos, C. L; Bissett, J, (2011). Growth stimulation in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) by *Trichoderma*. *Biological Control* 51:409–416
- Keyser, A; Kristensen, T; Meyling, N. V. (2016). Dual effects of *Metarhizium* spp. And *Clostridium rosea* against an insect and a seed-borne pathogen in wheat. *Pest Management Science* 72:517-526
- López, B, J; Macías, R; Contreras, C, H. (2008). El hongo micoparasítico *Trichoderma virens*. Promueve el crecimiento y desarrollo de *Arabidopsis thaliana* mediante un mecanismo de señalización dependiente de auxinas. XXVIII Congreso Nacional Sociedad Mexicana de Bioquímica A.C., Mérida, Yucatán.
- Mejías, S. H. (2017). Capacidad de *Trichoderma* spp. como estimulante de la germinación en maíz (*Zea mays* L.) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista de Gestión del Conocimiento y el Desarrollo Local*, 4(1), 19-23.
- Páez, O. (2008). Uso agrícola de *Trichoderma*. Disponible en <http://www.soil-fertility.com/trichoderma/espagnol/index.html>.
- Sanivada, S.K; Challada, M. (2014). Mycolytic effect of extracellular enzymes of entomopathogenic fungi to *Colletotrichum falcatum*, red rot pathogen of sugarcane. Fungal pathogens of sugarcane. *Journal of Biopesticides* 7(1):33-37
- SPSS INC (2002) SPSS (Programa Estadístico). SPSS INC-11.5
- Suárez M, Fernández B, Osvaldo V, Gámez C, Páez R (2011) Antagonismo in vitro de *Trichoderma harzianum* Rifai sobre *Fusarium solani* (Mart.) Sacc., asociado a la marchitez en maracuyá. *Revista Colombiana de Biotecnología* 10(2):35-43

# APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE PIÑA (*Ananas comosus L.*) PARA LA ELABORACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO CON USO EN ALIMENTOS.

*Jorge Alberto Mendiola Cano, Ma. Andrea Trejo Márquez, Gabriela Hermosillo Moreno,  
Selene Pascual Bustamante*

e-mail: [jorgemendiola.0308@gmail.com](mailto:jorgemendiola.0308@gmail.com)

<sup>1</sup> Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán,  
Campo 1. Av. 10 de mayo s/n. Col. Infonavit Centro. 54740, Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx.

## Resumen

Los plásticos biodegradables permiten mejorar las posibilidades de eliminación y reciclaje de residuos al final de la vida útil de los productos, debido a esto, en el presente proyecto se diseñó una planta procesadora de bioplástico a partir de residuos de piña con el fin de aprovechar los generados por la industria en México. Para esto, se partió de la elaboración de un mapa tecnológico en donde se resaltaron los usos de los residuos de esta fruta (abonos orgánicos, extracción de celulosa, biocombustibles, forrajes, etc.). Posteriormente, un estudio de mercado indicó que el 97% de los encuestados estaría dispuesto a utilizar una bolsa bioplástica en su día a día. En el diseño de plantas, se logró una correcta selección de equipos y lay-out de los mismos. Por último, se desarrollaron los programas de control de operaciones y control de materias primas dentro de las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) para su correcta implementación y aplicación.

**Palabras clave:** residuos de piña, bioplástico, estudio de mercado, planta procesadora, sistema de calidad.

## Antecedentes

La piña es una fruta tropical de la familia de las *bromeliaceae*, de división *Magnoliophyta*, clase *Liliopsida*, de orden *Bromeliales*, de género *Ananas Mill* de la especie *comosus L.* (CO-NABIO, 2017). Es un fruto no climatérico, sin embargo, su color verde puede cambiar a un color más claro o amarillento debido a que la clorofila continúa degradándose (Arias y Toledo, 2000). Entre sus usos en la industria de los alimentos se elaboran jugos y concentrados, jaleas y preparaciones enlatadas. Con la cáscara se puede hacer vinagre, y combinada con agua, hasta cierto grado de fermentación, se obtiene una bebida llamada tepache (SAGARPA, 2017).

En México, la piña se cultiva principalmente en cinco estados de la República, donde Veracruz ocupa el primer sitio con una aportación de 64.9% del volumen nacional, seguido de Oaxaca con un 12.8%, Tabasco con un 6.2%, Quintana Roo con un 4.6% y Jalisco que tan sólo aporta 2.8% del total a nivel nacional. Entre los principales beneficios de cultivar piña en México es que aporta una derrama económica importante, la cual tiene un valor comercial de más de dos mil millones de pesos; incluso gracias a sus ventas es posible obtener más de 40 millones de dólares, donde los principales consumidores son Estados Unidos, Corea del sur y España, los cuales concentran más del 95 por ciento de las exportaciones (Hidroponía, 2017).

Si bien es cierto que la piña posee excelentes cualidades químicas, sus residuos después de industrializarse (cáscaras y coronas) no son la excepción, a continuación, se muestra la composición de estos en la tabla 1.

Tabla 1. Composición química de la cáscara y corona de piña.

Parámetro	Cáscara % en base seca	Corona % en base seca
Humedad	6.5	NR
Celulosa	71.5	56-62
Hemicelulosa	14.24	16-19
Pectina	NR	2-3
Lignina	7.2	9-13
Materiales solubles en agua	2.1	1.2
Grasa y ceras	NR	4-7
Cenizas	0.3	2-3

NR: no reportado. Fuente: Hernández (2008).

La cáscara y la corona están constituidas principalmente por celulosa, hemicelulosa y lignina, las cuales la hacen no comestibles para los humanos, pero potencialmente aprovechables para obtener otros productos de valor agregado. A este conjunto de tres compuestos, se le atribuye el nombre de material lignocelulósico, la cual es la materia orgánica más abundante en la tierra (Abril y Navarro, 2012).

De los desechos vegetales como las hojas, tallos y cáscaras de la fruta se pueden aprovechar para la alimentación animal o fabricación de abonos orgánicos (Cerrato, 2013). Por otro lado, este material lignocelulósico también puede utilizarse para la creación de bioplástico.

La organización European bioplastics define a los bioplásticos como plásticos que son biobasados, biodegradables, o que reúnen ambas características (European bioplastics, 2021). Los bioplásticos como producto que integra al mercado para consumir o para la utilización de este, cuenta con ventajas y desventajas (Vargas y Fernández, 2015). Los bioplásticos modernos tienen una impresionante gama de aplicaciones y se han ido consolidando como materia prima alternativa a los materiales convencionales derivados del petróleo. En la industria alimentaria se utilizan películas flexibles, botellas y todo tipo de envases para alimentos; bolsas biodegradables, etc.

México como uno de los principales productores de granos y cultivos a nivel mundial, puede ser un prometedor fabricante de bioplásticos con bajos costos. Esta ventaja competitiva en materias primas puede probablemente desarrollar una demanda local importante para los bioplásticos (Cobián, 2012). En general los bioplásticos tienen una presencia muy baja en el mercado, y los que se comercializan son importados; no se cuenta con políticas oficiales que orienten la producción y desarrollo de este tipo de materiales, ni se ha analizado a profundidad su posible efecto como sustituto de los derivados del petróleo o el gas natural (Vázquez et, al, 2016), además, los costos de logística son considerablemente altos, sin embargo, se espera que, a largo plazo, los bioplásticos compitan en precio con los polímeros tradicionales, debido a que, la materia prima de base biológica ha tenido comúnmente un costo más bajo que las materias primas procedentes del petróleo (Cobian, 2012).

## Objetivo

El objetivo del presente trabajo es el aprovechamiento de los residuos de piña (*Ananas comosus L.*) para la elaboración de un bioplástico con uso en alimentos. Esto a través de un estudio tecnológico de usos de los residuos de piña en su aplicación en alimentos,

el diseño de una planta procesadora, un estudio de mercado para conocer la aceptabilidad de los bioplásticos, así como el tipo de aplicaciones y el desarrollo de dos programas para la implementación de un sistema de gestión de calidad de manera que permita en conjunto dar una nueva alternativa al mercado.

## Metodología

### *Mapa tecnológico*

Se sintetizó de forma gráfica o en secuencias gráficas, aquellos usos y tecnologías o sub-tecnologías sobre las que se ha investigado sobre el aprovechamiento de los residuos de piña en la industria, investigación y usos cotidianos mediante la investigación bibliográfica y hemerográfica obtenida de diversos motores de búsqueda reconocidos (SciELO, Dialnet, Google Scholar y Springer Link).

### *Estudio de mercado*

Definiendo el problema se elaboró un análisis de la situación actual respecto al tema de los bioplásticos. Posterior a esto se hizo la selección, y segmentación del público objetivo (Tabla 2) para poder calcular el tamaño de muestra, la cual fue de 171 encuestados con una certeza del 93%.

**Tabla 2. Variables para definir la segmentación del mercado**

Tipo de variable	Variable considerada
VARIABLES DEMOGRÁFICAS	Personas con un rango de edad entre 20-59 años
VARIABLES GEOGRÁFICAS	EDOMEX (Municipio de Huixquilucan)

### *Diseño de planta procesadora*

En este proyecto de investigación, se propuso el diseño de la planta para la producción de bioplástico a partir de residuos de piña, para lograr eso se realizó un estudio exhaustivo para la localización de la planta, la finalidad de su importancia fue lograr

que los gastos y los precios de los bienes o servicios al consumidor, como materias primas, transporte, mano de obra, usuario o cliente fueran mínimos. A partir de la información bibliográfica recopilada, se expresó de forma diagramática los distintos procesos y áreas mediante la elaboración de un diagrama de bloques, un diagrama de flujo de proceso, balances de materia y energía, diagrama de áreas y diagrama de distribución de equipos.

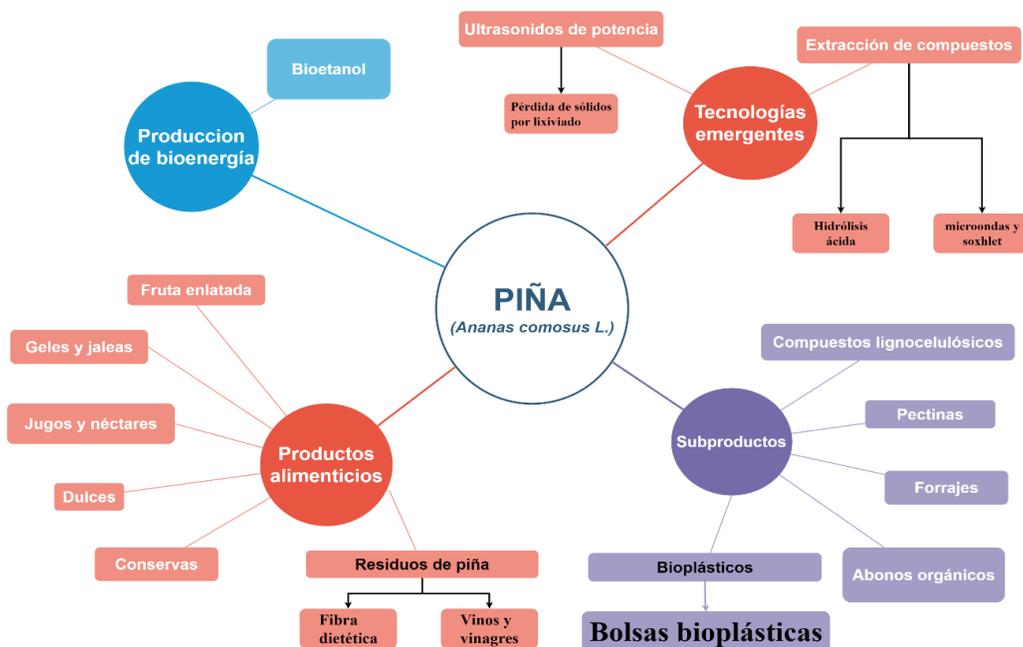
### *Sistema de gestión de calidad*

El desarrollo del SGC transcurre por varias etapas, a través de las cuales se crean las condiciones para su implementación, (Burckhardt Leiva, 2016). En este proyecto se realizaron las actividades de planificación y diseño del SGC, así como la elaboración de la documentación necesaria para su correcta implementación.

## **Resultados y discusión**

### *1. Mapa tecnológico*

El uso de los residuos de piña está distribuido en producción de bioenergías, tecnologías emergentes, elaboración de productos alimenticios y creación de subproductos con los desechos del fruto, en la fig. 1 se muestran los principales subproductos que se elaboran actualmente y dentro de ellos los bioplásticos donde destaca la creación de envases biodegradables como las bolsas de origen bioplástico, estas permiten mejorar las posibilidades de eliminación y reciclaje de residuos al final de la vida útil de los productos.



**Figura. 1** Mapa tecnológico Piña (*Ananas Comosus L.*)

## 2. Estudio de mercado

Los encuestados presentaron un rango de edad entre 22-53 años destacándose por ser los más activos en cuanto a compras del hogar. La mayoría de estas personas son mujeres (más del 75%). Todos los encuestados han usado alguna vez una bolsa plástica y más del 50% utiliza bolsas de este tipo con una frecuencia semanal, esto indica una buena demanda de éstas.

Más del 90% de los encuestados está consciente de la problemática que generan los plásticos, sin embargo, los utilizan con bastante frecuencia. Un dato interesante es que casi el 84% no sabía que a partir de residuos de algunas frutas es posible elaborar un bioplástico, aunque más del 97% considera que usaría una bolsa bioplástica como sustituto a una bolsa plástica tradicional. Los encuestados estarían dispuestos a usar una bolsa bioplástica, pero no a renunciar a sus beneficios y características tan particulares ya que buscan atributos como resistencia, buena presentación, facilidad de compostaje y conservar la forma tradicional. Más del 50% considera que pagaría entre \$10 y \$25 por una bolsa bioplástica y casi el 95% considera que la creación de bolsas es una buena opción.

En lo que respecta a la competencia, actualmente en el mercado existen alrededor de 5-7 empresas que fabrican de manera industrial bioplásticos a base de residuos de frutas (Tabla 3).

Tabla 3. Principales empresas de fabricación de bioplástico.

Empresa	Tipo de residuos	Proceso	Productos
BioSoluti ons	Fibras de agave (celulosa)	Extrusión y procesos de inyección	Hieleras, termos, juguetes, etc.
Ecoplaso	Residuos orgánicos (hojas, raíces, semillas, bagazos y cáscaras)	Filamentos para impresión 3D	Fibras textiles: Carteras, llaveros, bolsas y sandalias
Geco	Cáscaras de naranja	Descomposición para obtención de celulosa	Productos de envases y Embalaje
Biofase	Semillas de aguacate	Extracción de biopolímeros	Vasos, popotes, bolsas, platos y cubiertos
Xeiba	Lactosuero, desechado por la industria quesera	Extracción de proteínas, minerales, vitaminas y lactosa	Ropa, cubiertos y productos con aplicaciones médicas

Fuente: INECC, 2020.

### 3. Diseño de planta procesadora

La empresa Bio Foods S.A. de C.V. se diseñó para satisfacer la demanda de 32,175 kg mensuales de bolsas plásticas, debido a esto, se decidió trabajar en 3 jornadas de producción para cubrir la demanda del producto. En el mercado mexicano se comercializan alrededor de 300 mil toneladas anuales de bioplástico (Bonilla, 2015; Biofase, 2020), con la jornada propuesta anteriormente se cumpliría el objetivo de producción del 0.1% a nivel nacional. Para lograr esta producción se elaboró un diagrama de flujo de equipos a partir de los diagramas de bloques, el mapa se muestra a continuación:

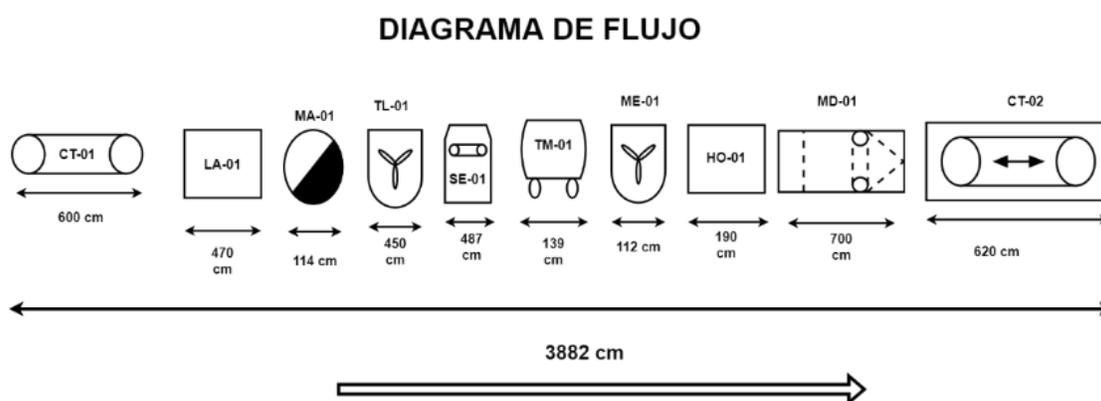


Figura 2. Diagrama de flujo de equipos

Nomenclatura

CT: Cinta transportadora, LA: Lavadora, MA: Marmita, TL: Tanque de lavado, SE: Secador, TM: Tanque de mezclado, ME: Mezcladora, HO: Homogeneizador, MD: Moldeadora.

Para el proyecto “Bio Foods S.A. de C.V.” se escogió el estado de Veracruz de Ignacio de la Llave en el municipio Veracruz, comunidad Valente Díaz para la localización de la planta debido a que esta zona cumple con los aspectos requeridos mencionados anteriormente.

El objetivo fundamental de la distribución de las áreas de una planta productora de bioplástico consistió en organizar los elementos de manera que se aseguran fluidez de las actividades de trabajo, materiales, personas e información a través del sistema pro-ductivo. La distribución de áreas en la planta se muestra en la figura 3 (1).

La distribución de equipos tuvo como objetivo principal el desarrollar un sistema de producción que permitiera la fabricación del número de productos deseado, con la calidad deseada y al menor costo posible. Es importante tener una buena distribución ya que incrementa la producción, se acortan los tiempos de fabricación, disminuyen los retrasos de producción y se utiliza de manera efectiva todo el espacio. La distribución de equipos en la planta se muestra en la figura 3 (2). Dentro esta se muestran áreas como: Área administrativa, baños, carga y descarga, recepción de materia prima, producción, almacén de materia prima, enfermería, la-boratorio, comedor, cuartos de máquinas, almacén de producto terminado, duchas y vestidores, vigilancia, intendencia, basura, estacionamiento, calderas, cuarto de com-bustibles, etc.

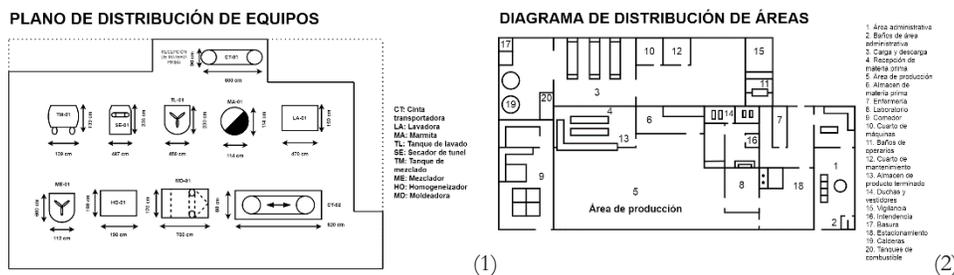


Figura 3. Diagrama de distribución de equipos (1) y áreas (2)

#### 4. Sistema de gestión de calidad (SGC)

El sistema de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) se implementó en la empresa creada con nombre “Bio Foods S.A. de C.V.” la cual tiene la función de producir bioplástico a partir de residuos de piña. Los principales productos que se hacen en BioFoods son bolsas bioplásticas elaboradas con residuos de piña.

La política de Bio Foods se centra en fabricar bolsas bioplásticas moldeadas por inyección, apoyándonos en proveedores confiables y personal competente, que contribuyan a garantizar la calidad del producto y la conformidad con los requisitos aplicables, mediante la mejora continua del SGC, con el fin de aumentar la satisfacción de los clientes.

Para poder implementar el SGC se crearon dos guías y formatos para el control de operaciones y control de materias primas, a continuación, se muestran los objetivos de estas guías de implementación y una muestra de formato de cada una de estas.

Control de materias primas: El objetivo es crear una guía de control de materias primas basada en la NOM-251-SSA1-2009 para la recepción y el almacenamiento de las mismas disminuyendo el riesgo de contaminación cruzada. Esta guía es aplicable para todas las materias primas almacenadas en las áreas de refrigeración y secos en la planta.

Control de operaciones: El objetivo es crear una guía de control de operaciones basada en la NOM-251-SSA1-2009 para controlar puntos importantes durante el proceso de elaboración de bioplástico, disminuyendo así el riesgo de defectos debidos a un mal procesamiento. Esta guía es aplicable para operaciones de control de temperatura de la marmita, la banda transportadora refrigerada y la recepción y almacenamiento de las materias primas involucradas en el proceso de elaboración de bioplástico a partir de residuos de piña.

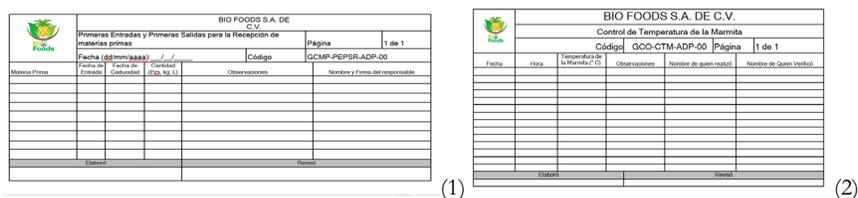


Figura 4. Formato control de materias primas (1) y control de operaciones (2)

## Conclusiones

Se logró diseñar una planta procesadora de bioplástico a partir de residuos de piña mediante un estudio de mercado, así como los programas de control de operaciones y materias primas de un sistema de gestión de calidad para el aprovechamiento de residuos generados por la industria en México que permita dar una nueva alternativa al mercado.

Existe una aceptación de más del 95% del mercado objetivo mostrando que se acertó en el material a desarrollar.

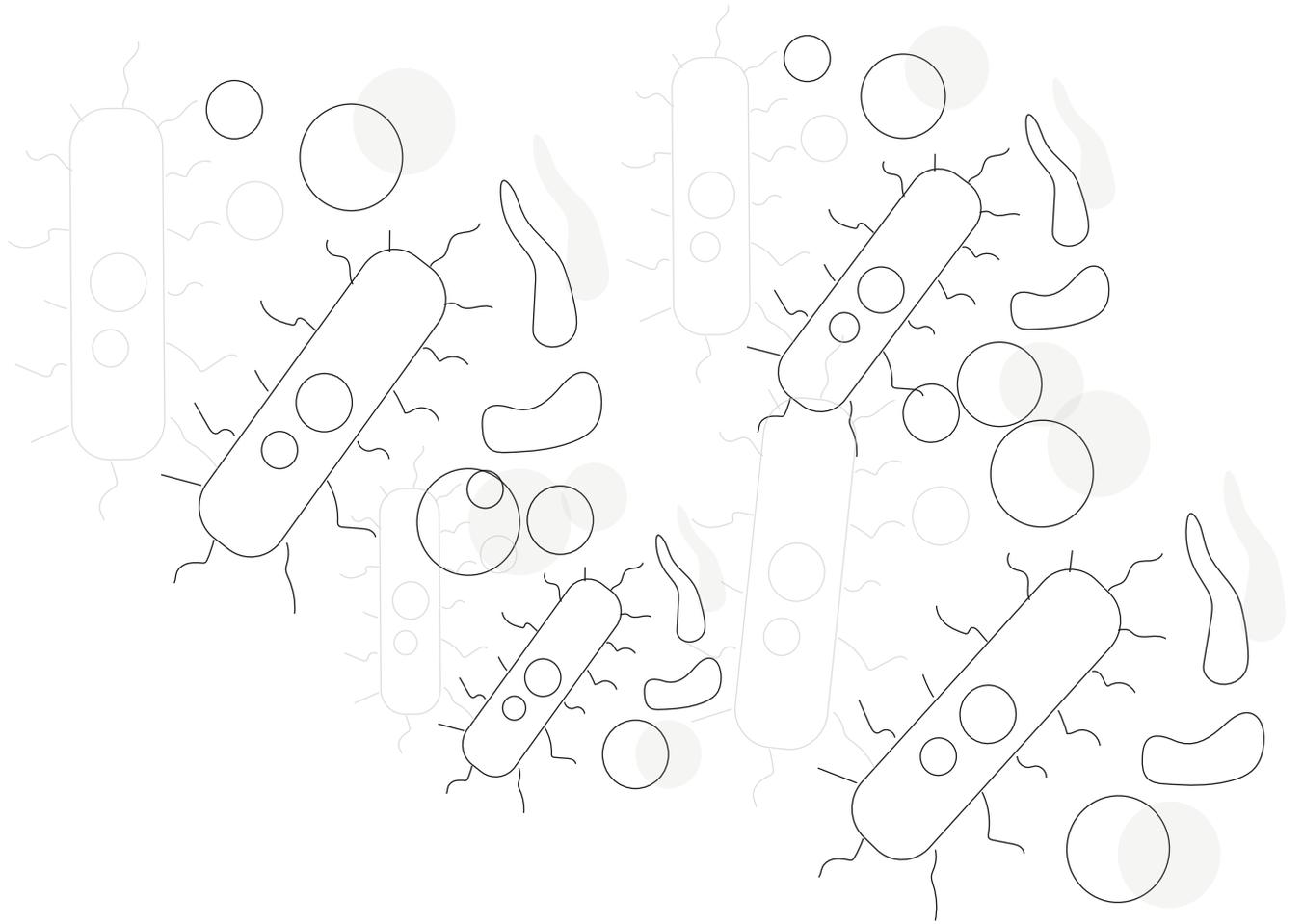
Se obtuvo un diseño de plantas que busca dar una ventaja competitiva en materias primas para desarrollar una importante demanda para los bioplásticos.

## Agradecimientos

Mi más sincero agradecimiento a las profesoras del Laboratorio de Poscosecha de Productos Vegetales, sin su valiosa ayuda y orientación este trabajo jamás habría sido posible.

## Referencias

- Abril, A., & Navarro, E. (2012). Etanol a partir de biomasa lignocelulósica (Ed.; Aleta Ediciones, Vol. 1).
- Arias, C., & Toledo, J. (2000). Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (papaya, piña, plátano, cítricos). <https://www.fao.org/documents/card/es/c/3898a360-5ae8-4f64-a648-96ef9630b73b/>
- Burckhardt Leiva V. (2016). Realización de una guía de implantación de la norma ISO 9001:2015. Aplicación PYME Comunidad Valenciana [Tesis de Maestría]. Valencia: Escuela Politécnica Superior de Alcoy, Universidad Politécnica de Valencia. Disponible en: <https://docplayer.es/36198520-Realizacion-de-una-guia-de-implantacion-de-la-norma-iso-9001-2015-aplicacion-pyme-comunidad-valenciana.html> [abio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/21273\\_sg7.pdf](http://abio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/21273_sg7.pdf)
- European bioplastics. (2021, February). Frequently asked questions on bioplastics. [https://docs.european-bioplastics.org/publications/EUBP\\_FAQ\\_on\\_bioplastics.pdf](https://docs.european-bioplastics.org/publications/EUBP_FAQ_on_bioplastics.pdf)
- Hidroponía. (2017). Producción de piña en México. <http://hidroponia.mx/produccion-de-pina-en-mexico/>
- INEGI. (2020). Número de habitantes. Estado de México. INEGI. Censo de Población y Vivienda 2020. <https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/mex/poblacion/default.aspx?tema=me&e=15>
- SAGARPA. (2017). Piña mexicana. [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257084/Potencial-Pi\\_a.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257084/Potencial-Pi_a.pdf)
- Vargas Romero, P. A., & Fernández Morales, J. J. (2015). Elaboración de un plan de negocios para determinar la factibilidad de la producción de bioplásticos a partir de papa en contra de la contaminación en Colombia. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/13350#.YkR8xTyzlTU.mendeley>



# CIENCIAS BIOLÓGICAS



# ESTUDIO MORFOMÉTRICO DE SEMILLAS DE VARIEDADES DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L.)

*Alejandra Bravo Solís, José Francisco Díaz Nájera, Sergio Ayvar Serna*

Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. Km 14.5  
Carretera Iguala-Cocula Guerrero, México. [alejandra.bravocep2021@csaegro.edu.mx](mailto:alejandra.bravocep2021@csaegro.edu.mx)

## Resumen

La importancia del cultivo de frijol es primordial para la alimentación de la población mundial, en el país es base de esta misma por la cual se considera importante saber el desarrollo de las semillas nativas, las cuales han sido sustituidas por aquellas semillas mejoradas, por lo que se ha realizado un estudio morfológico de genotipos nativos del estado de Guerrero, donde se han medido sus características Ancho, Largo, Relación ancho – largo, peso por unidad de semilla, pero de cien semillas y un aproximado de número de semillas por kilogramo. Esto con el fin de poder conocer el desarrollo que tienen las semillas en cuanto a características cuantitativas en su localidad, y a su vez hacerlas resaltar como la mejor opción para seguir preservándolas.

**Palabras clave:** cultivo, nativas, estudio morfológico, características cuantitativas.

---

## Antecedentes

Las leguminosas son consideradas de gran importancia debido a su aporte nutricional (Latham, 2002). México cuenta con una amplia diversidad de variedades criollas, cada una adaptada localmente, desplegando diferentes tipos de crecimiento, coloración de flor, fruto y semillas. el estado de Guerrero aportó una superficie sembrada de 18,318.84 ha y un rendimiento de 0.83 t ha<sup>-1</sup>. Agregando que, en el Distrito de Iguala, el municipio de Teloloapan ocupa el primer lugar en superficie sembrada (11,331.10 ha) y cosechada (11,320.10 ha) de este cultivo, posicionando a Iguala de la Independencia en el cuarto lugar con una superficie sembrada de (5,607.14 ha) y cosechada (5,602.14 ha) (SIAP, 2021). Tal variabilidad en cosecha es debido a la amplia diversidad climática y edáfica en la entidad (Vargas, 2008). Según Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, el frijol es el cuarto cultivo en importancia en México por su superficie sembrada. Gran parte del cultivado en México proviene de variedades mejoradas y en menor medida de variedades criollas (Sangerman *et al.*, 2010).

## Objetivo

El propósito del ensayo consistió en estudiar las características morfométricas de semilla de dos variedades de frijol.

## Parte experimental

La investigación se realizó en el mes de agosto de 2022. El estudio morfométrico de las semillas se llevó a cabo en el Centro de Estudios Profesionales (CEP- CSAEGRO) utilizando genotipos de semilla cosechadas en el municipio de Teloloapan, Guerrero. La caracterización morfométrica en relación con ancho de semilla, largo de semilla, relación ancho-largo, midiéndose en centímetros; peso de semilla y peso de 100 semillas midiéndose en gramos. El número de semillas por kilogramo se estimó con una regla de tres, se realizó estadística descriptiva, para el registro de datos se utilizó la hoja de cálculo Microsoft Excel incluido en Microsoft Office 365 versión Windows 11, realizándose un análisis de correlación todos vs todos.

## Resultados y discusión

Las características morfoanatómicas de las semillas de frijol peruano, presentaron un ancho de semillas AS promedio  $0.8 \pm 0.0471$  cm, longitud de semillas LS promedio de  $1.28 \pm 0.0956$  cm, la relación ancho-largo mostró un valor promedio de  $0.61 \pm 0.0552$ ; para peso de semilla la media fue de  $0.56 \pm 0.0826$  g (Tabla 1) resultados que contrastan a los reportados por (Espinosa, 2014) donde (P100S) promedio fue de  $71.41 \pm 0.551$ g.

**Tabla 1.** Estadísticas descriptivas para las dimensiones y peso de las semillas de frijol.

<i>Phaseolus vulgaris</i> L. (Frijol peruano)							
Variable	Datos #	Media	Mín.	Máx.	C.V. (%)	Varianza	D.E
AS (cm)	500	0.80	0.60	0.90	0.0589	0.0022	0.0471
LS (cm)	500	1.28	1.00	1.60	0.0747	0.0092	0.0956
RALA	500	0.61	0.43	0.82	0.0905	0.0031	0.0552
PES (g)	500	0.56	0.30	0.70	0.1475	0.0068	0.0826
P100S(g)	30	51.04	49.96	51.98	0.0129	0.4333	0.6582
NSKG	30	1959.47	1923.82	2001.60	0.0129	641.3475	25.3248
<i>Phaseolus vulgaris</i> L. (Frijol negro)							
AS (cm)	500	0.319	0.60	0.9	0.2729	0.0076	0.08706
LS (cm)	500	0.451	0.90	1.4	0.2257	0.0104	0.10179
RALA	500	0.702	0.43	0.90	0.1047	0.0054	0.07353
PES (g)	500	0.332	0.15	0.55	0.2003	0.0044	0.06651
P100S(g)	30	32.232	17.73	37.88	0.1325	18.2359	4.27036
NSKG	30	3174.805	2639.92	5640.16	0.1838	340568.7016	583.58264

**Tabla 2.** Análisis de correlación entre las variables de respuesta.

<i>Phaseolus vulgaris</i> L. (Frijol peruano)						
	AS	LS	Rala	PES	P100S	NSKG
AS						
LS	0.48419**					
Rala	0.65641**	-0.3369**				
PES	0.41003**	0.3762**	0.10979*			
P100S	-0.04735 <sup>ns</sup>	-0.03824 <sup>ns</sup>	-0.02488 <sup>ns</sup>	-0.01612 <sup>ns</sup>		
NSKG	-0.04735 <sup>ns</sup>	-0.03824 <sup>ns</sup>	-0.02488 <sup>ns</sup>	-0.01612 <sup>ns</sup>	1**	
<i>Phaseolus vulgaris</i> L. (Frijol negro)						
	AS	LS	Rala	PES	P100S	NSKG
AS						
LS	0.4415**					
Rala	0.62082**	-0.42323**				
PES	0.53304**	0.42514**	0.16069**			
P100S	0.01527 <sup>ns</sup>	0.04288 <sup>ns</sup>	-0.02017 <sup>ns</sup>	0.02483 <sup>ns</sup>		
NSKG	0.01527 <sup>ns</sup>	0.04288 <sup>ns</sup>	-0.02017 <sup>ns</sup>	0.02483 <sup>ns</sup>	1**	

\*\*= *valo raltamente significativo*; \*= *Valor significativo*; ns= *Valor no significativo*.

En cuanto a la descripción morfométrica de la semilla de frijol negro presento una dimensión en la media para: AS  $0.319 \pm 0.08706$  cm, LS  $0.451 \pm 0.10179$  cm y RALA  $0.702 \pm 0.07353$  cm. El P100S promedio fue de  $32.23 \pm 4.27036$  g, resultados diferentes a los reportados por (Ávila *et al.*, 2010) donde la media en P100S fue de  $27.30 \pm 1.15$  g. En la Tabla 2 se muestran los resultados en frijol peruano la prueba estadística de correlación ( $\alpha = 0.05$ ), donde los resultados indicaron que el ancho de semilla mostró una correlación positiva y de efecto altamente significativos en relación con LS; RALA; PES., en el largo de la semilla en relación con RALA; PES mostrándose RALA como valor negativo, los valores se demostraron de manera altamente significativos, en relación ancho/largo de semilla con relación a PES se mostró altamente significativo de igual forma se muestran los resultados en la semilla de frijol negro donde se muestran los valores obtenidos en el frijol negro, donde los resultados indicaron que el ancho de semilla mostró una correlación positiva y de efecto altamente significativos en relación con LS; RALA; PES. en el largo de la semilla en relación con RALA; PES mostrándose RALA como valor negativo, los valores se demostraron de manera altamente significativos, en relación ancho/largo de semilla con relación a PES se mostró significativo.

## Conclusiones

Con base al objetivo planteado y a los resultados obtenidos, se concluye lo siguiente: Las condiciones en que se dan las plántulas para obtener el grano de frijol afectan de manera morfológica el desarrollo del grano de plántulas nativas en México.

## Agradecimientos

Se agradece al Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero por el apoyo en cuanto en docentes, material y tiempo en los laboratorios del colegio que nos brindaron para poder realizar el estudio de manera exitosa.

## Referencias

- Ávila, S. N. Y., Murillo, A. B., Espinoza, V. J. L., Palacios, E. A., Guillén, T. A., Luna, P. R., García, H. J. L. 2010. Modelos de predicción del rendimiento de grano y caracterización de cinco cultivares de frijol. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 12 (1): 11-18.
- Espinosa, P. E. N. 2014. Diversidad morfológica y bromatológica de 75 variedades nativas de frijol común del centro-sur de México, cultivadas en asociación con maíz. Colegio de Posgraduados.
- Latham, M. 2002. Nutrición humana en el mundo en desarrollo. Colección FAO, Alimentación y nutrición, FAO. Roma, Italia. 29 p.
- Sangerman, J. D. M., Acosta, G.J. A., Shwenstesius, R., M. A., y Larque, B. 2010. Consideraciones e importancia social en torno al cultivo de frijol en el centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 1 (3): 363-380.
- SIAP. 2021. Servicio de la Información Agroalimentaria y Pesquera. Avance de siembra y cosecha. Año agrícola 2021. Riego + Temporal. Disponible en: [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/cultivodefrijol](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/cultivodefrijol). Fecha de consulta: 02-sep-2022
- Vargas, V. M. L. P., Muruaga, M. J. S., Pérez, H. P., Gill, L, H. R., Esquivel E. G., Martínez D. M. Á., Rosales, S. R., Mayek, N. 2008. Caracterización morfoagronómica de la colección núcleo de la forma cultivada de frijol común del INIFAP. *Agrociencia*. 42 (7): 787-797

# EFECTO GASTROPROTECTOR DE LOS PRODUCTOS DE LA COLMENA PARA SU APLICACIÓN EN MEDICINA VETERINARIA

*Regina Alvarez Espejel<sup>1\*</sup>, Betsabé Rodríguez Pérez<sup>2</sup>, Tonatiuh A. Cruz Sánchez<sup>3</sup>*

*Laboratorio de servicios de análisis de propóleos (LASAP®), Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México*

*<sup>1</sup>[mvz.reginaespejel@hotmail.com](mailto:mvz.reginaespejel@hotmail.com), <sup>2</sup>[berope380@hotmail.com](mailto:berope380@hotmail.com), <sup>3</sup>[cruztona@hotmail.com](mailto:cruztona@hotmail.com)*

## Resumen

En los últimos años se ha observado un incremento en la aparición de enfermedades gástricas dentro de la medicina veterinaria, destacando la gastritis y úlceras gástricas, causando un creciente interés por la búsqueda de alternativas de tratamiento y prevención. Se realizó una revisión documental de las propiedades gastroprotectoras de los productos elaborados por las abejas *Apis mellifera* y abejas nativas sin aguijón en México y el mundo. En trabajos de investigación que utilizaron diversos agentes nocivos sobre la mucosa gástrica, coincidiendo en la existencia de mecanismos inhibitorios del estrés oxidativo como principales responsables de estas actividades. Estos están relacionados a la presencia de compuestos fenólicos, presentes en la composición química de los productos. Resaltaron los beneficios terapéuticos inherentes de los productos apícolas y la importancia que involucraría que sean utilizados dentro del campo de la medicina veterinaria, como parte de protocolos de tratamiento y prevención de padecimientos de tipo gástrico.

**Palabras clave:** productos apícolas, gastroprotectores, prostaglandinas, compuestos fenólicos, estrés oxidativo.

## Antecedentes

En México, la apicultura es generadora de aproximadamente 100 mil empleos directos, siendo que esta involucra uno de los mayores comercios de exportación del país. México es reconocido por ser un importante productor y exportador de miel a nivel internacional (Ajibola et al., 2012).

Los productos apícolas están caracterizados por poseer prometedoras capacidades de tipo terapéutico y medicinal, usualmente relacionado al origen botánico y geográfico en las cuales se encuentran. Se considera que la miel posee cinco principales propiedades: antioxidante, antiinflamatoria, antimicrobiana, anticancerígena y disminución de la cantidad de colesterol y triacilglicéridos en sangre. (Al-Hatamleh et al., 2020; Fernández-García et al., 2018).

La miel posee cinco enzimas importantes originarias de la propia abeja, polen y néctar: invertasa o sacarasa, que divide a la sucrosa en fructosa y glucosa; glucosa-oxidasa, convierte la dextrosa a gluconolactona y posteriormente en ácido glucónico, el ácido principal en la miel responsable de su pH, y peróxido de hidrógeno, relacionado a su capacidad antibacteriana. Amilasa o diastasa, indicador de calidad de acuerdo a lo establecido por la NOM-004-SAG/GAN-2018, Producción de miel y especificaciones; catalasa, que produce oxígeno y agua a partir del peróxido de hidrógeno; y fosfatasa ácida (Álvarez-Suárez, Giampieri y Battino, 2013; Estrada et al., 2005; Eteraf-Oskouei y Najafi, 2013; San José-Rodríguez y San José de León, 2015; Secretaría de Gobernación, 2018; Ranneh et al., 2021).

La NOM-003-SAG/GAN-2017, Propóleos, producción y especificaciones para su procesamiento, establece como propóleo al “nombre genérico que se da a las sustancias resinosas recolectadas y procesadas por las abejas de la vegetación circundante al apiario.” Esta porción resinosa del propóleo es de gran importancia ya que es la que posee la mayor cantidad de compuestos fenólicos y flavonoides los cuales son considerados los responsables de su actividad terapéutica y gastroprotectora. (Flores-Morales et al., 2019; Medina et al., 2013; Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación, 2017; Villanueva et al., 2015).

El polen es valorado por sus propiedades nutricionales como suplemento y terapéuticas, al ser un excelente antioxidante por sus altos niveles de vitamina E (tocoferol) y polifenoles. (Habryka et al., 2021; Khalifa et al., 2021).

La NMX-FF-104-SCFI-2004-Productos alimenticios no industrializados para consumo humano, jalea real, especificaciones y métodos de prueba-, define a la jalea real

–fresca- como una “sustancia lechosa secretada por las glándulas hipofaríngeas de las abejas jóvenes obreras de 5 a 12 días (nodrizas) que la utilizan para alimentar en su inicio a las larvas de las abejas, así como a las abejas reinas”. Se ha demostrado que las excelentes capacidades antioxidantes de la jalea real están asociadas a la presencia de sus componentes fenólicos y componentes propios de la jalea real como la royalisina y el ácido 10-hidroxi-2-decenoico (Sofiabadi y Samee-Rad, 2020).

Los flavonoides actúan como protectores de la mucosa del estómago por sus actividades antioxidantes y citoprotectoras. Sus mecanismos de acción fortalecen las defensas de la mucosa gástrica al buscar y recoger radicales libres, donar hidrógenos, quelar metales e inhibir enzimas asociadas. (Cianciosi et al., 2020; Eteraf-Oskouei y Najafi, 2013; Ranneh et al., 2021; Secretaría de Economía, 2004; Serafim et al., 2020).

Durante la última década se ha observado un aumento del uso de medicinas tradicionales. Actualmente, se han desarrollado ramas de medicina alternativa como la apiterapia que enfocan su uso como tratamiento de importantes padecimientos. Numerosas publicaciones europeas y árabes, principalmente, señalan el uso de productos apícolas como prevención y tratamiento de enfermedades gastrointestinales como úlceras pépticas, gastritis y gastroenteritis (Bogdanov, Jurendic, Sieber y Gallmann, 2008; Yilmaz et al., 2009).

El estómago posee mecanismos de defensa propios entre los que se encuentran la mucosa gástrica del estómago, la cual le confiere una gran capacidad de resistir agentes irritantes. Cuando los mecanismos de defensa del estómago se ven debilitados por lesiones gástricas, las defensas naturales que mantienen su integridad física y funcional fallan. La mucosa gástrica mantiene su integridad anatómico-funcional gracias a la presencia de factores citoprotectores como el moco, bicarbonato, óxido nítrico, fosfolípidos de membrana y la síntesis de prostaglandinas. Estos mecanismos tienen como objetivo mantener la homeostasis de la mucosa gástrica y pueden ser divididos según la zona de la capa gástrica en la que se producen como pre-epiteliales, epiteliales y post-epiteliales (Díaz-Casasola, 2015; Domingo, 2002; Muñoz Jáuregui et al., 2014; Serafim et al., 2020).

En medicina veterinaria los desórdenes gástricos más comunes están relacionados con defectos o lesiones sobre la estructura y la función de la mucosa gástrica. Entre estos padecimientos se encuentra la inflamación de la mucosa gástrica, ulceraciones, obstrucciones y neoplasias (Patel et al., 2018).

La aparición de gastritis y úlceras gástricas está asociadas con un daño producido por la secreción anormal de pepsina y ácido clorhídrico ya que ocurren cuando hay un

desbalance de factores como el ácido gástrico, pepsina y los factores de defensa del estómago: bicarbonato, moco gástrico y síntesis de prostaglandinas. La existencia de una disminución en el flujo de la circulación sanguínea conlleva a la aparición de estrés oxidativo y a la reducción en la secreción de glutatión endógeno. Las lesiones producidas están caracterizadas por la pérdida parcial o completa del epitelio. Un proceso de gastritis de tipo ulcerativo puede inducir un daño necrótico al estómago. (Hussain-Burkhari, Khalil, Qamar, Zahid, Ansari y Manzoor, 2011).

La etiología de la gastritis y úlceras gástricas es muy variada, pudiendo ir desde un desorden de tipo nutricional, la ingestión de un elemento extraño, tóxico o irritante -plantas, químicos, fármacos como AINES y glucocorticoides-, hasta infecciones virales -parvovirus, distemper canino- y bacterianas – Helicobacteriosis-. Estas etiologías son capaces de producir un estrés oxidativo al dañar la mucosa gástrica (Domínguez-Verano, 2020; Patel et al., 2018).

## Objetivo

Realizar una revisión documental acerca de las propiedades gastroprotectoras de los productos elaborados por las abejas *Apis mellifera* y abejas nativas sin aguijón en México y el mundo, para su aplicación en medicina veterinaria.

## Objetivos particulares

- Recopilar la información obtenida destacando su importancia e impacto en el desarrollo de terapias de origen apícola, orientadas al tratamiento y prevención de padecimientos gástricos.
- Identificar los mecanismos de acción responsables de las actividades gastroprotectoras de los productos de la colmena.
- Identificar los compuestos químicos señalados como responsables de las propiedades terapéuticas de los productos de la colmena mencionados.

## Resultados y discusión

Ajibola et al., (2012) y Domínguez (2020), señalan que las especies reactivas de oxígeno (ROS), especies reactivas de nitrógeno (RNS), óxido nítrico (NO), superóxido y radicales libres, son agentes de estrés oxidativo culpables de procesos de daño celular. Cuando existe un daño sobre la mucosa gástrica, la disminución en el flujo de la circulación sanguínea conlleva a la aparición de estrés oxidativo y a la posterior reducción en la secreción de glutatión endógeno.

Nasuti et al. (2006) y Ranneh et al. (2021) han observado una relación entre la presencia de la inflamación y procesos de estrés oxidativo debido a la acción de radicales libres. Estos están intrínsecamente correlacionados con la producción de citoquinas proinflamatorias y, a su vez, con la producción de ROS desde la mitocondria de las células, inducidos por la  $\text{TNF-}\alpha$  y  $\text{IL-}\beta$ . Mientras que los radicales libres promotores de daño celular producen lesiones al tejido por medio de la peroxidación lipídica.

Ajibola et al. (2012) menciona que se ha encontrado evidencia del incremento de la acción de sustancias sulfhidrilo, como el glutatión, sobre los tejidos dañados cuando se administran productos apícolas como tratamientos terapéuticos y preventivos. Para Roldán-Rodríguez et al. (2016), la presencia de glutatión endógeno regula el aumento de la actividad de la MPO (mieloperoxidasa) sobre el músculo liso, la cual disminuye cuando la permeabilidad vascular se debilita y que es un factor de inhibición de la cascada de estrés oxidativo.

Al-Hatamleh et al. (2020) determinó también que la capacidad antioxidante de los productos apícolas se ve reflejada al inhibir enzimas responsables de la producción de ROS como el citocromo P450 y NADPH oxidasa.

Almasaudi et al. (2015) concuerda con que esto permite el incremento de la actividad antioxidante enzimática (GPX, SOD) y no enzimática (NO) y la reducción de la peroxidación lipídica (MDA), ya que como dicho por Chi-Feng et al. (2002), a disminución de la formación de MDA es de gran importancia en la prevención de lesiones gástricas, ya que esta produce isquemia sobre la mucosa.

Gharzouli et al. (2002) y Villanueva et al. (2015), determinan que el efecto citoprotector de los productos apícolas sobre la mucosa gástrica lesionada tiene relación con el aumento de moco gástrico, secreción de bicarbonato, estimulación del transporte de sodio y cloro, aumento de la secreción de prostaglandinas, reducción de la motilidad gástrica, estimulación del crecimiento celular, aumento de flujo sanguíneo y liberación de leucotrienos.

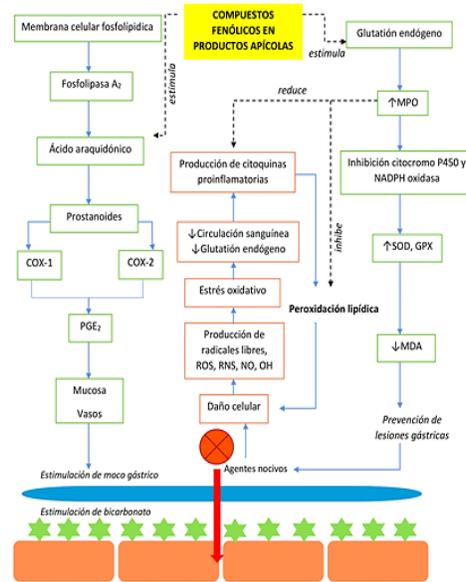
Según Villanueva et al. (2015) esta acción se asocia al hecho de que los productos de la colmena contienen ácido araquidónico, precursor de las prostaglandinas en el organismo, determinando una relación positiva entre el aumento de prostaglandinas con el aumento de producción de moco gástrico y bicarbonato.

De acuerdo a lo anterior, los autores aquí revisados determinan que existen cinco mecanismos principales mencionados como los responsables de la capacidad gastroprotectora de los productos apícolas (**Figura 1**):

- 1) Disminución de citoquinas proinflamatorias
- 2) Estimulación de la síntesis de prostaglandinas
- 3) Inhibición de la peroxidación de la membrana lipídica y cascada de estrés oxidativo
- 4) Aumento de las enzimas antioxidantes SOD, GPX y MPO
- 5) Aumento de glutatión endógeno

Sarfraz y Nor-Hayati (2013) considera que los compuestos fenólicos son los principales responsables de los mecanismos gastroprotectores de los productos apícolas. Almasaudi et al. (2017) concuerda, atribuyendo la capacidad antioxidante, antiinflamatoria y citoprotectora de los productos apícolas a la presencia de flavonoides (pinobanskina, pinocembrina, crisina) y ácidos fenólicos (ácido cafeico), ya que estos compuestos producen una estimulación en la producción de las prostaglandinas E2 y aumentan la producción del glutatión endógeno.

La miel Manuka, originaria del árbol Manuka (*Leptospermum scoparium*), es rica en flavonoides. Se ha confirmado que esta miel posee una proteína conocida como Apalbúmina 1 (Apa-1), la cual, según Almasaudi et al. (2015) y Nasuti et al. (2006) actúa como un potente inhibidor de los macrófagos al bloquear su receptor manosa, el cual desencadena la fagocitosis y lleva a cabo la inhibición de especies reactivas de oxígeno por la acción de células monocíticas (fagocitos). Esta acción inhibe a los fibroblastos en las lesiones, reduce la fibrosis y estimula la cicatrización de estas.



**Figura 1.** Mecanismos de acción gastroprotectora de los productos apícolas ante los efectos de agentes nocivos contra la superficie gástrica, asociados a la presencia de compuestos fenólicos.

Domínguez (2020) reportó que el extracto etanólico de propóleo utilizado en su estudio contenía altas concentraciones de fenoles y de flavonoides, siendo los más predominantes la quercetina, pinocembrina y kaempferol, así como crisina y apigenina. En México, Ruiz-Hurtado et al. (2019) obtuvo valores de fenoles de 860 mg eAG/g y flavonoides a 49.58 mgeQ/g; mientras que Valentín et al. (2019) obtuvo fenoles a 286 mg eqAG/g y flavonoides a 60.28 mg eqQ/g. Esto permite observar que la concentración de compuestos fenólicos en el propóleo originario de Chihuahua, era casi tres veces más predominante; mientras que en flavonoides las dos muestras provenientes de Baja California Norte eran superiores, así como de resultados similares a las muestras también recopiladas por Domínguez en Baja California del Norte, México.

En 2019, Flores-Morales et al., demostraron la presencia de grandes cantidades de ácido cinámico, ácido ferúlico, ácidos carboxílicos e inositol en muestras de propóleo de la región de Juchipila, Zacatecas, a los cuales adjudicaron la presencia de la mayoría de sus capacidades terapéuticas. En el propóleo verde brasileño utilizado por Primon de Barros et al. (2008) se encontraron altas concentraciones de ácido cafeico y ácido *o*-cumárico, ambos, ácidos fenólicos.

Gracias a Domínguez (2020) se sabe que el flavonoide quercetina, presenta una excelente actividad antioxidante al estabilizar al ROS. La kaempferida, por su parte, se

considera por De Lira Mota et al. (2009) y Serafim et al. (2020) como el principal flavonoide encontrado en el propóleo verde y como el responsable de su efecto antiulcerativo en estudios donde se administró vía intraperitoneal ácido clorhídrico y etanol en dosis de 3 mg/kg en ratones, al estimular la mucina gástrica y disminuir el pH, la acidez y la pepsina. Estos autores también determinan que el Kaempferol posee un amplio rango de actividades terapéuticas. Por sí solo, en dosis de 40, 80 y 160 mg/kg este flavonoide, produce el mismo efecto gastroprotector sobre úlceras inducidas por etanol en ratones que al administrar omeprazol en dosis de 20 mg/kg. Esto se debe que el kaempferol inhibe la producción de neutrófilos y de citoquinas proinflamatorias, a la vez que estimula la producción de ácido nítrico y moco, los cuales como se mencionó anteriormente, son mecanismos de protección de la mucosa gástrica.

Existe otro mecanismo relacionado con el efecto de estimulación de la miel sobre las terminaciones nerviosas en el estómago y el incremento de la capsaicina. En la investigación de Roldan-Rodríguez et al. (2016) y de Ajibola et al. (2016), se establece que la miel produce un efecto de estimulación sobre las terminales nerviosas gástricas, las cuales responden a la presencia de la capsaicina, y sobre el glutatión endógeno. Este proceso resultará en una disminución de la gravedad de úlceras gástricas al favorecer la permeabilidad vascular y la actividad muscular del estómago.

Ranneh et al. (2021) consideran que la concentración de los componentes fenólicos y las consecuentes propiedades citoprotectoras, antiinflamatorias, antimicrobianas y antioxidantes que presentan dependen en gran importancia del origen botánico, región, clima, métodos de recolección, manejo y envasado, así como del tipo de abeja en cuestión.

## Conclusiones

En base a la información recopilada en esta revisión documental, en cuanto a la protección de la mucosa gástrica ante agentes nocivos, la administración de dosis específicas de miel, propóleo, jalea real y polen, sugieren la existente posibilidad de implementarlos y aplicarlos en la medicina veterinaria.

Se pudieron identificar a los compuestos fenólicos como los compuestos químicos responsables de brindar a los productos de la colmena sus capacidades terapéuticas, y cuya presencia y concentración está asociada con el origen botánico, geográfico y climático así como al mantenimiento de la calidad de los mismos. Se identificó que estas capacidades actúan sobre el órgano gástrico por medio de diversos mecanismos

de acción, como la síntesis de prostaglandinas, peroxidación lipídica y la presencia de enzimas GPX, SOD, MDA y citoquinas proinflamatorias, cuya acción se ve relacionada entre sí estrechamente.

## Agradecimientos

La autora agradece al Programa de Becas PAPIIT, folio 227321, por el financiamiento de esta tesis perteneciente a los proyectos PAPIIT IN223719: “Evaluación de la potencialidad antimicrobiana de propóleos de abeja sin aguijón de México” y PIAPI 2011: Investigación del propóleo de abejas nativas (abejas sin aguijón) para su aplicación en Medicina Veterinaria y Humana.

## Referencias

- Ajibola A., Chamunorwa J.P., Erlwanger K.H. (2012) Nutraceutical values of natural honey and its contribution to human health and wealth. *Nutrition & Metabolism*. 9(61):1-12
- Al-Hatamleh M.A.I., Boer J.C., Wilson K.L., Plebanski M., Mohamud R., Mustafa M.Z. (2020) Antioxidant-based medicinal properties of stingless bee products: recent progress and future directions. *Biomolecules*.10(923)1-28.
- Almasaudi S.B., Abbas A.T., Al-Hindi R.R., El-Shitany N.A., Abdel-dayem U.A., Ali S.S., Saleh R.M., Al Jaouni S.K., Kamal M.A., Harakeh S.M. (2017) Manuka honey exerts antioxidant and anti-inflammatory activities that promote healing of acetic acid-induced gastric ulcer in rats. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. BioMed Research International*. 1(1):1-12.
- Almasaudi S.B., El-Shitany N.A., Abbas A.T., Abdel-dayem U.A., Ali S.S., Al-Jaouni S.K., Harakeh S. (2015) Antioxidant, anti-inflammatory, and Antiulcer Potential of Manuka Honey against Gastric Ulcer in Rats. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 10:1-10.
- Alvarez-Suárez J.M., Giampieri F., Battino M. (2013) Honey as a source of dietary antioxidants: structures, bioavailability, and evidence of protective effects against humans chronic diseases. *Current Medical Chemistry*. 20(1):1-19.
- Bogdanov S., Jurendic T., Sieber R., Gallmann P. (2008) Honey for nutrition and health: a review. *American Journal of the College of Nutrition*. 27:677-689.
- Cianciosi D., Forbes-Hernández T.Y., Afrin S., Gasparrini M., Quiles J.L., Gil E., Bompadre S., Simal-Gandra J., Battino M., Giampieri F. (2020) The influence of *in vitro* gastrointestinal digestion on the anticancer activity of manuka honey. *Antioxidants*. 9(64):1-20.

- De Lira Mota K.S., Nunes-Dias G.E., Ferreira-Pinto M.E., Luiz-Ferreira A., Souza-Brito A.R., Hiruma-Lima C.A., Barbosa-Filho J.M., Batista L.M. (2009) Flavonoids with gastro-protective activity. *Molecules*. 14:979-1012.
- Díaz-Casasola L. (2015) Mucosa gástrica: mecanismos protectores y efectos dañinos del ácido acetilsalicílico. Enfoques fisiológico y bioquímico. *Revista de Medicina e Investigación*. 3(1):100-103.
- Domingo J.J.S. (2002) Gastropatía por AINE: Efectos adversos. *Farmacia Profesional*. 16(7):48-54.
- Domínguez-Verano P. (2020) Evaluación del Efecto del Extracto Etanólico de un Propóleo de México en un Modelo Experimental de Lesión Gástrica. Tesis de maestría. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Estrada H., Gamboa M.M., Chaves C., Arias M.L. (2005) Evaluación de la actividad antimicrobiana de la miel de la abeja contra *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermis*, *Pseudomonas aureginosa*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes* y *Aspergillus niger*. Evaluación de su carga microbiológica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 55(2):1-7.
- Eteraf-Oskouei T., Najafi M. (2013) Traditional and modern uses of natural honey in human diseases: a review. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*. 16:731-742.
- Fernandez-Garcia N., Navarro-Varela J.M., Martínez-Machado J.A. (2018) Caracterización de la miel de meliponas en ecosistemas periurbanos y agrícolas del consejo popular horquita. *Revista Científica Agroecosistemas*. 6(1):28-33.
- Flores-Morales V., Hernández-Delgado G.P., Martínez-Fierro M.L. (2019) Evaluación farmacológica – química del propóleo de Juchipíla, Zacatecas. *Revista Latinoamericana de Química: Suplemento especial, México*. 47(1):97.
- Gharzouli K., Amira S., Gharzouli A., Khennouf S. (2002) Gastroprotective effects of honey and glucose-fructose-sucrose-maltose mixture against ethanol-indomethacin-, and acidified aspirin-induced lesions in the rat. *Exp Toxic Pathol*. 54:217-221.
- Habryka C., Socha R., Juszcak L. (2021) Effect of bee pollen addition on the polyphenol content, antioxidant activity and quality parameters of honey. *Antioxidants*. 10(810):1-15.
- Hussain-Burkhari M., Khalil J., Qamar Z., Zahid M., Ansari N., Manzoor I. (2011) Comparative Gastroprotective effects of natural honey, *Nigella sativa* and cimetidine against Acetylsalicylic Acid induced Gastric ulcer in albino rats. *Journal of the College of Physicians and Surgeons, Pakistán*. 21(3):151-156.
- Khalifa S.A.M., Elashal M.H., Yosri N., Du M., Musharraf S.G., Nahar L., Sarker S.D,

- Guo Z., Cao W., Zou X., Abd El-Wahed A.A., Xiao J., Omar H.A., Hegazy M.F., El-Seedi H.R. (2021) Bee Pollen: Current status and therapeutic potential. *Nutrients*. Vol.13.
- Medina J., Peraza S., Casanova R., Akiko S., Silva O., Castro D., Otero W., Fierro W. (2013) Cáncer gástrico en una zona con alto potencial para la cultura apícola y su aplicación en la prevención de las lesiones gástricas premalignas y malignas. *Revista de la Sociedad Venezolana de Gastroenterología*. 67(3):170-174.
- Muñoz Jáuregui A.M., Alvarado-Ortiz C., Blanco-Blasco T., Castañeda-Castañeda B., Ruiz-Quiroz J., Alvarado-Yarasca A. (2014) Determinación de compuestos fenólicos, flavonoides totales y capacidad antioxidante en mieles peruanas de diferentes fuentes florales. *Rev. Soc. Quim. Perú*. 80(4):287-297.
- Nasuti C., Gabbianelli R., Falcioni G., Cantalamessa F. (2006) Antioxidative and gastroprotective activities of anti-inflammatory formulations derived from chestnut honey in rats. *Nutrition Research*. 26:130-137.
- Patel K.P., Patel S.K., Dixit S.K., Rathore R.S. (2018). Gastritis and peptic ulcer diseases in dogs: A review. *Int.J. Current.Microbiol. App.Sci*. 7(3):2475-2501. doi.org/10.20546/ijcmas.2018.703.288
- Primon de Barros M., Barreto-Sousa J.P., Kenupp-Bastos J., Faloni de Andrade S. (2008) Effect of Brazilian green propolis on experimental gastric ulcers in rats. Sao Paulo, Brasil. *Journal of Ethnopharmacology*. 110:567-571.
- Ranneh Y., Akim A.M., Hamid H.A., Khazaai H., Fadel A., Zakaria Z.A., Albujja M., Abu-Bakar M.F. (2021) Honey and its nutritional and anti-inflammatory value. *BMC Complementary Medicine and Therapies*. 21(30):1-17.
- Roldan-Rodríguez A. E., Vega-Quispe E.J., Silva-Ocas I., Lemus-Arteaga K.E., Gonzales-Saldaña J.G. (2016) Efecto gastroprotector de la miel de abejas en ratas Holtzman con úlceras gástricas inducidas por Piroxicam. *Revista Gastroenterológica de Perú*. 36(3):219-224.
- San José-Rodríguez J.C., San José de León M. (2015) La miel como antibiótico tópico en las úlceras por presión. *Medicina naturista*. 9(2):33-41.
- Sarfraz A., Nor-Hayati O. (2013) Honey as a potential natural anticancer agent: a review of its mechanisms. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. Vol. 2013. Pp.1-8
- Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo rural, Pesca y Alimentación (2017) Propóleos, producción y especificaciones para su procesamiento (NOM-003-SAG/GAN-2017). Disponible en <https://normateca.agricultura.gob.mx/sites/default/>

[files/normateca/Documentos/norma\\_oficial\\_mexicana\\_nom\\_003\\_sag\\_gan\\_2017\\_propoleos\\_produccion\\_y\\_especificaciones\\_para\\_su\\_procesamiento.pdf](https://files/normateca/Documentos/norma_oficial_mexicana_nom_003_sag_gan_2017_propoleos_produccion_y_especificaciones_para_su_procesamiento.pdf)

Secretaría de Economía. (2004). Productos alimenticios no industrializados para consumo humano –jalea real- especificaciones y métodos de prueba. (NMX-FF-104-SC-FI-2004). Disponible en [https://caisatech.net/uploads/xxi\\_2\\_mxd\\_c107\\_nmx-ff-104-scfi-2004\\_r0\\_20jul2004.pdf](https://caisatech.net/uploads/xxi_2_mxd_c107_nmx-ff-104-scfi-2004_r0_20jul2004.pdf)

Secretaría de Gobernación (2018) Producción de miel y especificaciones. (NOM-004-SAG/GAN-2018). Disponible en [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5592435&fecha=29/04/2020](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5592435&fecha=29/04/2020)

Serafim C., Araruna M.E., Junior E.A., Diniz M., Hiruma-Lima C., Batista L. (2020) A review of the role of flavonoides in peptic ulcer (2010-2020). *Molecules* 25(1):5341.

Sofiabadi M., Samiee-Rad F. (2020) Royal jelly accelerates healing of acetate induced gastric ulcers in male rats. *Gastroenterology and Hepatology from Bed to Bench*. 13(1):14-22.

Valadez R., Blanco A., Pérez G., Rodríguez B. (2004) Retomando la Apicultura del México Antiguo. *Imagen Veterinaria* 4(2):4-15.

Villanueva M., González M., Fernández H., Wilson M., Manquián N., Otth C., Otth L. (2015) Actividad antibacteriana *in vitro* de propóleos chilenos sobre *Helicobacter pylori*. *Revista Chilena de Infectología*. 32(5):536-539.

Yilmaz N., Nisbet O., Nisbet C., Ceylan G., Hosgor F., Dede O.D. (2009) Biochemical evaluation of the therapeutic effectiveness of honey in oral mucosal ulcers. *Bosnian Journal of Basic Medical Sciences*. 9(4):290-295.

# ESTADO NUTRICIONAL DE HABITANTES DEL ORIENTE DE MICHOACÁN CON Y SIN ENFERMEDAD RENAL CRÓNICA

*Beatriz Cabezas Nuñez<sup>1</sup>, Israel David Campos González<sup>2</sup>, Sandra Edith López Castañeda<sup>1</sup>, Virginia Angélica Robinson Fuentes<sup>1\*</sup>*

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez", [0967550k@umich.mx](mailto:0967550k@umich.mx), [sandra.lopez@umich.mx](mailto:sandra.lopez@umich.mx), [virginia.robinson@umich.mx](mailto:virginia.robinson@umich.mx)\*

<sup>2</sup>Hospital General "Dr. Miguel Silva", [israel.campos@gmx.com](mailto:israel.campos@gmx.com)

## Resumen

La evaluación del estado nutricional ayuda a identificar necesidades de nutrientes para garantizar una mejor calidad de vida en personas que presentan enfermedades crónicas, como la enfermedad renal crónica de etiología no determinada (ERCEND). El objetivo de la presente investigación es determinar el estado nutricional de una población del Municipio de Hidalgo, Michoacán. Para ello, se reclutaron personas sin enfermedad renal (n=20) y pacientes con diagnóstico de ERCEND (n=20) del Municipio de Hidalgo, Michoacán. Los participantes contestaron dos cuestionarios: una historia clínica y uno de frecuencia de consumo de alimentos. Se encontró que ambos grupos tienen un consumo alto de lípidos, adecuado de carbohidratos y bajo de proteínas y minerales (calcio, selenio, hierro y potasio) y de vitaminas D y E. Por lo tanto, ambos grupos presentan deficiencias nutricionales, particularmente los pacientes con ERCEND, por lo que, requieren suplementación y otras intervenciones nutricionales.

**Palabras clave:** enfermedad renal crónica de etiología no determinada, estado nutricional, vitaminas, minerales, ingesta diaria recomendada, deficiencias.

## Antecedentes:

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), define el estado nutricional como la condición del organismo que resulta de la relación entre las necesidades nutritivas individuales y la ingestión, absorción y utilización de los nutrientes contenidos en los alimentos. Por tanto, la evaluación del estado nutricional nos permite conocer el grado en que la alimentación cubre las necesidades del organismo, así como, detectar situaciones de deficiencia o de exceso. Dicha evaluación incluye: a) historia clínica, antecedentes patológicos y estilo de vida, b) historia dietética (recordatorio de 24 horas o cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos), c) datos antropométricos (peso, estatura) y composición corporal (porcentaje de grasa y músculo de acuerdo a edad y sexo) y d) datos bioquímicos.

El estado de nutrición puede verse afectado por diversos factores como: disponibilidad y capacidad de compra de los alimentos, conocimientos alimentarios, aprovechamiento de los alimentos por el organismo y la presencia de enfermedades crónicas; por ejemplo, la enfermedad renal crónica. A nivel mundial, es la sexta causa de muerte, cerca de 850 millones de personas, es decir, el 10% de la población la presentan (Martínez et al., 2020; Ginarte et al., 2020).

La enfermedad renal crónica (ERC) es la resultante de diversas enfermedades crónicas degenerativas, entre las que destacan la diabetes mellitus (DM), la hipertensión arterial (HTA) y glomerulonefritis, fenómeno que ocurre de manera similar en todo el mundo y que, lamentablemente, conduce hacia un desenlace fatal si no es tratada (Méndez et al., 2010). En 2017, el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) reportó una prevalencia de ERC del 12.2% y 51.4 muertes por cada 100 mil habitantes en México y recientemente, la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT, 2021) reportó una prevalencia de enfermedad renal de 14.9% en población mexicana.

La enfermedad renal crónica se define como la presencia de alteraciones en la estructura o la función renal que persiste más de tres meses, con o sin deterioro de la función renal; con una tasa e filtrado glomerular (TFG) por debajo de 60 ml/min/1.73m<sup>2</sup> durante al menos tres meses. Sin embargo, en las últimas décadas se ha reportado la aparición de una nueva forma de la ERC, la cual no puede ser atribuida a alguna de las causas comunes ya señaladas (diabetes mellitus tipo II, hipertensión arterial y glomerulonefritis), por lo que, se le ha relacionado con contaminantes encontrados en el ambiente y la exposición a metales pesados o toxinas (nefrotóxicas) como la micotoxina, Ocratoxina A y se ha denominado como enfermedad renal crónica de etiología no

determinada (ERCEND) (Jayatilake, et al., 2013). Esta enfermedad es de progresión lenta, posiblemente a partir de la segunda década de la vida y asintomática. Las principales características histopatológicas incluyen atrofia tubular, infiltración de células mononucleares intersticiales y fibrosis intersticial. No existen pautas o recomendaciones específicas para el tratamiento de la ERCEND, por lo que, se aplican protocolos de manejo estándar para la ERC (Rajapakse *et al.*, 2016). Debido a la falta de información sobre esta patología, es de suma importancia conocer el estado nutricional que tienen los pacientes, para poder conocer sobre posibles deficiencias de vitaminas y minerales y con ello realizar una intervención nutricia apropiada.

## Objetivo

Determinar el estado nutricional de una población del Municipio de Hidalgo, Michoacán.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en Ciudad Hidalgo, Michoacán. Se reclutaron 40 personas mayores de 18 años, que fueron abordadas cuando acudieron al laboratorio clínico en el centro de salud y/o cuando asistieron a sesión de hemodiálisis en el Hospital General de Ciudad Hidalgo, Michoacán; se les explicó el estudio ampliamente y solicitó su consentimiento (Carta de consentimiento informado).

*También se aplicaron dos cuestionarios:*

- 1) Cuestionario de antecedentes médicos (CAM) para conocer el estado general de salud de los participantes, en el que se obtuvo: a) información general: nombre, edad, domicilio y el no. de registro; b) datos antropométricos: peso y talla para calcular el Índice de Masa Corporal (IMC); cintura y cadera para calcular el índice cintura-cadera (ICC) y porcentaje de grasa y c) los antecedentes patológicos personales.
- 2) Cuestionario de Frecuencia de Consumo de Alimentos (CFCA) del Instituto Nacional de Salud Pública y el software SNUT (Sistema de Evaluación de Hábitos Nutricionales y Consumo de Nutrientes). Dichas herramientas evalúan la cantidad y calidad de la dieta. El cuestionario consta de 12 secciones: 1) productos lácteos, 2) frutas, 3) huevo, carnes y embutidos, 4) verduras, 5) leguminosas, 6) cereales, 7) golosinas, 8)

bebidas, 9) aceites, 10) antojitos, 11) otros alimentos, 12) azúcares, sal y suplementos nutricionales. El cuestionario se analiza en el software SNUT 3.0, dicho software desglosa el consumo de macronutrientes (proteínas, lípidos e hidratos de carbono) y micronutrientes (Vitaminas y minerales) de cada uno de los participantes. Los resultados obtenidos se analizaron empleando estadística descriptiva (media, desviación estándar, valores mínimos y máximos).

## Resultados y discusión

Los participantes se clasificaron en 2 grupos: grupo 1: personas sin enfermedad renal ( $n=20$ ) y grupo 2: pacientes con Enfermedad Renal Crónica de Etiología No Determinada (ERCEND) ( $n=20$ ).

La **tabla 1** muestra las características antropométricas evaluadas: edad, peso, talla, Índice de Masa Corporal (IMC) y porcentaje de grasa de ambos grupos de estudio. Se observa que los pacientes grupo 2 (ERCEND) presentan una edad promedio menor respecto a los participantes del grupo 1 (28 y 34 años, respectivamente), lo que es preocupante, ya que, es una enfermedad que no debería presentarse en personas jóvenes. En el grupo 1 se observó un IMC promedio de  $25.01 \pm 4.7$  kg/m<sup>2</sup> clasificado como sobrepeso; el 10% tienen bajo peso, 40% peso normal, 40% sobrepeso y 10% obesidad tipo I. En contraste, los participantes del grupo 2, presentan un IMC promedio de  $23.7$  kg/m<sup>2</sup>  $\pm 3.6$ , clasificado como normal; 5 pacientes de este grupo tienen un IMC  $>25$  kg/m<sup>2</sup>, encontrándose 4 en sobrepeso (21%) y uno en obesidad tipo I (5%), el 68% se encuentra en normo peso.

Como se mencionó anteriormente, también se analizó el porcentaje de grasa y se clasificó de acuerdo a su edad y sexo. El porcentaje de grasa promedio en el grupo 2 fue de  $22.4\% \pm 10.3$ , el 53% de los pacientes presentaron un porcentaje normal, 21% elevado, 16% muy elevado y 10% bajo. Por el contrario, en el grupo 1 se encontró un porcentaje de grasa promedio de  $31.4\% \pm 9.2$ , 5% bajo, 20% porcentaje normal, 15% elevado y el 60 % de los participantes presentan un porcentaje muy elevado de grasa lo que representa un factor de riesgo para desarrollar alguna enfermedad crónica degenerativa.

**Tabla 1: Características antropométricas de los grupos de estudio**

Características	Grupo 1: personas sin enfermedad renal (n=20)			Grupo 2: personas con ERCEND (n=20)		
	M	DE	Min.-Máx.	M	DE	Min.-Máx.
Edad (años)	34	14.4	19 - 75	28.1	6.3	19 - 40
Peso (kg)	66.8	16.8	40.3 - 97.3	60.4	10.1	48.2 - 81.7
Talla (m)	1.63	0.1	1.48 - 1.75	1.60	0.1	1.50 - 1.72
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25.01	4.7	16.5 - 32.5	23.7	3.6	18.1 - 31.9
Porcentaje de grasa corporal (%)	31.4	9.2	10.4 - 42.9	22.4	10.3	8.3 - 47.2

M=Media, DE=Desviación estándar, Min.= Mínimo, Máx.=Máximo.

En la siguiente tabla se muestran los datos bioquímicos de ambos grupos de estudio, en el grupo 1 algunos participantes tienen compromiso de la función renal, ya que, se encontraron tasas de filtrado glomerular disminuidas, aunado a eso, algunos de esos participantes presentan factores de riesgo como sobrepeso (**tabla 2**).

**Tabla 2: Valores bioquímicos de los grupos de estudio**

Parámetro bioquímico	Valores normales	Grupo 1: (n=20)	Grupo 2: (n=20)
Glucosa:	70 -110 mg/dl	85.9 ± 10.5	84.3 ±24.9
BUN:	6-20 mg/dl	10.5 ± 2.4	60.7 ± 21.7
Urea:	20-45 mg/dl	26.5 ± 8.7	138.4 ± 52.3
Creatinina:	0.6-1.2 mg/dl	0.84 ± 0.2	13.6 ± 4.6
Colesterol:	< 200 mg/dl	168.4 ± 40.3	151.4 ± 51.7
Triglicéridos:	< 150 mg/dl	133.6 ± 61.2	133.0 ± 42.3
Hemoglobina:	F:13-15mg/dl M: 14-17 mg/dl	15.2 ± 1.8	11.2 ± 2.2
Albumina:	3.6 -5 mg/dl	4.7 ± 0.3	4.4 ± 0.6
Acido úrico:	2-7 mg/dl	5.38 ± 1.7	6.8 ± 2.5
Tasa de Filtrado Glomerular:	90 - 120 ml/min	96.8 ± 25.8 (MDRD) 103.5 ± 22.2 (CKD-EPI)	4.4 ± 1.7

MDRD= Modification of Diet in Renal Disease, CKD-EPI= Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration.

En la **tabla 3**, se presenta el consumo de kilocalorías (kcal) y macronutrientes (proteínas, carbohidratos y lípidos) consumidos por los grupos de estudio. En ambos grupos se encontró un consumo adecuado de carbohidratos; respecto al consumo de lípidos superó el porcentaje recomendado. Principalmente, el alto consumo de lípidos provenía de grasa saturada encontrada en alimentos como: manteca de cerdo, mantequilla, crema; además de un alto consumo de alimentos con alto valor calórico como: hamburguesa, pizza, en una frecuencia de 1 a 3 veces por semana. Por el contrario, el consumo de proteínas se encuentra disminuido, al consumir cantidades insuficientes se pueden generar alteraciones como: pérdida de masa muscular, fatiga, entre otras.

**Tabla 3: Consumo de kilocalorías y macronutrientes en los grupos de estudio**

	% Recomendado	Grupo 1		Grupo 2	
		Media	%	Media	%
Kilocalorías:	NA	2249.97	100	1774.48	100
Proteínas (gramos):	15-20%	73.43	13	44.22	9
Carbohidratos (gramos):	50-60%	272.63	49	247.55	55
Lípidos (gramos):	25-35%	95.25	38	72.98	37

NA= No aplica

De los datos obtenidos en el cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos (CFCA), se analizó el consumo de vitaminas y minerales en ambos grupos como se muestra en la **tabla 4**. En ambos grupos de estudio, la media de consumo de minerales como: calcio, selenio, hierro y potasio y de vitaminas como: D y E es inferior a la Ingesta Diaria Recomendada (IDR). Al consumir bajas cantidades de calcio las personas están más expuestas a presentar descalcificación en los huesos. El hierro, particularmente en los pacientes que acuden a hemodiálisis es preocupante que se encuentre disminuido porque eso significa que están más propensos a presentar anemia. Con respecto a las vitaminas, la vitamina D es importante ya que ayuda a que se pueda absorber adecuadamente el calcio y como se mencionó este mineral se encuentra relacionado con la salud ósea. La vitamina E, al ser considerada un antioxidante, es importante su consumo para reducir los efectos de los radicales libres. En el grupo 1 se cubre la IDR de algunas vitaminas del complejo B (B1, B2, B3, B6 y B12), vitamina K y zinc; sin embargo, en el grupo 2, no; aunque de la vitamina B3, B6 y B12, si se cubre. En ambos grupos se logra cubrir la IDR de vitamina C (75-90 mg/día), sin embargo, en el grupo 2 se encuentra cerca de los límites inferiores (72.11 mg/día); en contraste, en el grupo 1 se encuentra una media de 162.82 mg/día.

El comité de expertos de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), recomiendan una ingesta de 25 gramos de fibra dietética al día. En ambos grupos se encontró una ingesta por debajo de la recomendación. El consumo de dietas con bajo contenido de fibra puede afectar la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), los cuales están involucrados en la promoción y/o inhibición de ciertas hormonas responsables de la estimulación de la saciedad y el apetito y mejorar la sensibilidad a la insulina; es importante mencionar que la función de los AGCC varía dependiendo de los receptores en los tejidos del hospedero en donde pueden ser asimilados, dando lugar a efectos fisiológicos diferentes.

Tabla 4: Consumo de vitaminas y minerales en los grupos de estudio

IDR/IDS	Grupo 1: personas sin enfermedad renal	Grupo 2: personas con ERCEND
	Media (Mínimo-Máximo)	Media (Mínimo-Máximo)
Calcio: 1000-1200 mg 1200-1600 mg (ERC)	631.23 (301.69 – 1074.87)	414.20 (247.11 – 786.66)
Hierro: 17 mg	12.91 (7.29 - 25.75)	8.38 (3.76 – 15.46)
Magnesio: 248 mg	312.79 (176.34 – 482.68)	297.58 (106.69 – 385.21)
Fósforo: 700 mg 800-1000 mg (ERC)	1183.70 (632.28 – 1957.17)	853.61 (484.82 – 1517.98)
Potasio: 4700 mg 2000 -2500 mg (ERC)	3086.71 (1633.74 – 5042.98)	1606.95 (663.84 – 3223.28)
Sodio: <2500 mg <2000 mg (ERC)	1703.33 (740.94 – 3172.87)	1113.96 (509.72 – 2058.68)
Zinc: 10 mg	17.67 (6.33 – 36.90)	8.64 (2.34 – 22.05)
Selenio: 55 mg	41.10 (17.43 – 89.58)	18.72 (5.24 – 40.48)
Vitamina C: 75-90 mg	162.82 (61.58 – 296.22)	72.11 (18.44 – 195.91)
Tiamina (B1): 1.2 mg	1.49 (0.69 – 2.91)	0.92 (0.46 – 1.87)
Riboflavina (B2):1.1 -1.3 mg	1.59 (0.68 – 2.71)	0.92 (0.53 – 1.66)
Vitamina B6: 0.93 mg	1.88 (0.94 – 2.98)	1.00 (0.48 – 1.81)
Vitamina B12: 2.1 µg	8.40 (2.96 – 26.26)	3.84 (0.81 – 9.14)
Niacina (B3): 11 mg	18.99 (10.04 – 33.56)	11.43 (4.57 – 20.82)
Vitamina K: 78 µg 90-120 µg (ERC)	99.78 (25.18 – 222.63)	73.92 (25.93 – 143.39)
Vitamina D:400 UI	157.42 (35.07 – 382.20)	82.70 (15.76 -278.60)
Vitamina E: 15 µg	12.95 (5.08 – 22.88)	11.08 (2.22 – 28.11)
Colesterol: 300 mg	270.78 (98.62 – 654.79)	151.60 (71 – 253.67)
Fibra: 20-35 gr	20.43 (6.58 – 20.52)	15.18 (6.82 – 22.01)

## Conclusiones

Es preocupante y alarmante que las personas del grupo 2 presentan la menor edad promedio, respecto al grupo 1.

Además, el consumo de vitaminas y minerales es importante para el organismo, en especial para personas que tienen enfermedad renal crónica de etiología no determinada, y que, tienen como tratamiento sustitutivo sesiones de hemodiálisis. En ambos grupos se encontraron deficiencias nutricionales, principalmente en pacientes con tratamiento sustitutivo de hemodiálisis, por lo que, es importante la suplementación de algunas vitaminas y minerales sin exceder la IDR, también es importante la educación nutricional en esta población

## Agradecimientos

Agradezco a mi asesora, la Doctora Virginia Robinson y compañeras del laboratorio, por su apoyo; así como, al personal del centro de salud y del Hospital General de Ciudad Hidalgo, Michoacán por permitirme realizar el muestreo. También agradezco

al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT: 793134) por el apoyo y patrocinio económico brindado para la realización de este proyecto de investigación.

## Referencias

Méndez-Durán A, Francisco Méndez-Bueno J, Tapia-Yáñez T, Montes AM, Aguilar-Sánchez L. (2010). Epidemiología de la insuficiencia renal crónica en México. *Dial y Traspl.* 31(1):7–11.

Ginarte, G. M., Domínguez, E. G., & Marín, D. P. (2020). Enfermedad renal crónica, algunas consideraciones actuales. *Multimed*, 24(2).

Jayatilake, N., Mendis, S., Maheepala, P. & Metha, F. (2013). Enfermedad renal crónica de etiología incierta: prevalencia y factores causales en un país en desarrollo. *BMC Nephrol* 14, 180. <https://doi.org/10.1186/1471-2369-14-180>

Rajapakse, S., Shivanthan, M.C. y Selvarajah, M. (2016). Enfermedad renal crónica de etiología desconocida en Sri Lanka. *Revista internacional de salud ocupacional y ambiental*, 22 (3), 259-264

# VALIDACIÓN DEL MÉTODO PARA EL DIAGNÓSTICO MOLECULAR DE SARS-COV-2 POR RT-qPCR PARA LA CREACIÓN DE UN LABORATORIO ACREDITADO EN PANDEMIA POR COVID-19

*\*Susana Bernardo Hernández,<sup>1</sup> Mónica Sierra Martínez*

*<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca  
[susanamex2007@hotmail.com](mailto:susanamex2007@hotmail.com), [sierramtz@gmail.com](mailto:sierramtz@gmail.com)*

## Resumen

A finales del 2019 en todo el mundo circulaba información de una nueva enfermedad causada por un virus casi desconocido, tras contagios desmesurados, la Organización Mundial de la Salud (OMS) declara estado de pandemia el 11 de marzo de 2020 por COVID-19 (CoronaVirus Infectious Disease), tratándose de una enfermedad causada por el coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2). Con el objetivo de establecer un método eficaz que permita la detección del virus de SARS-CoV-2 dentro de un hospital de nivel 3, se adaptaron áreas, equipos e insumos para crear un laboratorio acreditado en donde se pudiera llevar a cabo el diagnóstico de forma permanente. Se tuvo éxito en el montaje de un laboratorio para diagnóstico molecular logrando la aprobación del Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológicos (InDRE) el 21 de abril del 2020 obteniendo un laboratorio funcional con más de 10,000 determinaciones a un año de su creación.

**Palabras clave:** pandemia, coronavirus, acreditado, diagnóstico, molecular

## Antecedentes

En 2019 tras haberse presentado el primer paciente con neumonía de origen desconocido en la ciudad de Wuhan, seguido de un contagio acelerado y la expansión en el número de casos y muertes, se comienza el estudio del virus responsable de estos sucesos y el 11 de marzo de 2020 la OMS declara estado de pandemia por COVID -19 (CoronaVirus Infectious Disease), tratándose de una enfermedad causada por el coronavirus 2 del síndrome respiratorio agudo severo (SARS-CoV-2). (Barakat A., 2020) No paso mucho tiempo para encontrar cierta relación con epidemias previas por coronavirus, en 2003 por coronavirus del síndrome respiratorio agudo severo (SAR-CoV) y en 2012 por el virus del síndrome respiratorio del Medio Oriente (MERS). Si bien es cierto que se tenían antecedentes de este tipo de patógenos, hasta el momento no se habían tomado en cuenta las medidas necesarias ni protocolos para combatir de forma emergente un contagio acelerado por tales virus. (Parks J., The New England Journal of Medicine., 2020)

Por dicha contingencia, surge la necesidad en todo el sector salud de buscar la manera para hacer combate a los contagios por COVID-19, es así como el Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca (HRAEI) inicia la adaptación de un área para contar con laboratorio de biología molecular que permitiera la detección de SARS-CoV-2. (HRAEI H. R., 2021). Al ser un virus del que se tenía poca información se tomaron las capacitaciones necesarias para poder realizar el diagnóstico de forma certera y oportuna, por lo que posteriormente a principios de abril del 2020 se realizaron los tramites y las pruebas necesarias para obtener la aprobación del InDRE para que en el HRAEI se pudiera llevar a cabo el diagnóstico con la acreditación por las autoridades de salud, logrando la aprobación el día 21 de abril del mismo año.

## Objetivo(s)

Establecer los requerimientos necesarios de un método eficaz que permita la detección del virus de SARS-CoV-2 dentro de un hospital de nivel 3, adaptando áreas, equipos e insumos suficientes para crear un laboratorio acreditado en donde se pueda llevar a cabo el diagnóstico de forma permanente que cumpla con las demandas del hospital y permita hacer frente al estado de pandemia por COVID-19.



Created in BioRender.com bio

**Figura 1.** Diagrama de la metodología planteada para la estandarización de las técnicas y la implementación del nuevo laboratorio en el HRAEI. Creado en Biorender.com

## Resultados y discusión

Se realizó la designación de áreas correspondientes y necesarias que permitieran realizar desde la toma de muestra hasta el análisis de resultados, obteniendo la aprobación del InDRE el día 21 de abril del 2020.



**Figura 2.** Espacio designado para la colocación de EPP del laboratorio de diagnóstico HRAEI. Imagen propia



**Figura 3.** Cuarto de toma de muestra de laboratorio de diagnóstico molecular del HRAEI. Imagen propia



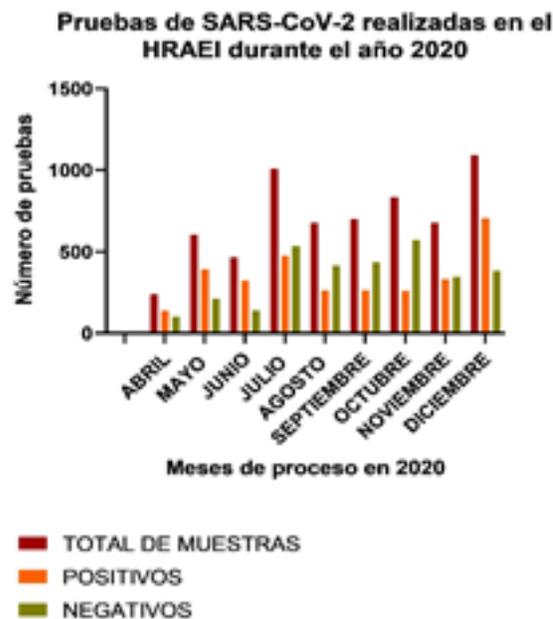
**Figura 4.** Cuarto de extracción y PCR del Laboratorio de diagnóstico molecular del HRAEI. Imagen propia

Tras ser aprobados se empieza a operar de forma oficial, obteniendo un total de 6291 resultados de abril a diciembre del año 2020, en las siguientes gráficas se observa que en el mes de abril al ser el primer mes en que se empieza a realizar el diagnóstico, el número de pruebas realizadas fue bajo y a medida que pasaron los meses éste fue incrementando, de esta manera en julio se observa el primer pico alto de pruebas solicitadas, sin embargo, en este mes el número de pacientes negativos fue mayor al de resultados positivos, posteriormente en diciembre se observa otro pico elevado de pacientes incluso mayor que en julio y a diferencia de éste, en diciembre la incidencia de casos positivos fue de 706 mientras que en julio alcanzo un total de 473 casos positivos, esto se ve en la figura número 2 en donde la positividad marcada en color naranja es mayor a finales del año 2020.

En la figura 3 se muestra que en la transición de diciembre 2020 a enero 2021 es en donde hay mayor incidencia de infección viral por SARS-CoV-2, parte de estos resultados se atribuyen al periodo vacacional y temporada decembrina, además de que en aquel entonces aún no se había implementado el sistema de vacunación, por lo que lamentablemente la población más afectada fue la de adultos mayores.

**Tabla 1.** Pruebas de SARS-CoV-2 realizadas en el HRAEI durante el año 2020

MES	No. DE PACIENTES	POSITIVOS	NEGATIVOS
ABRIL	238	138	100
MAYO	604	393	211
JUNIO	465	324	141
JULIO	1009	473	536
AGOSTO	675	262	413
SEPTIEMBRE	699	264	435
OCTUBRE	834	261	573
NOVIEMBRE	677	332	345
DICIEMBRE	1090	706	384
TOTAL	6291	3153	3138

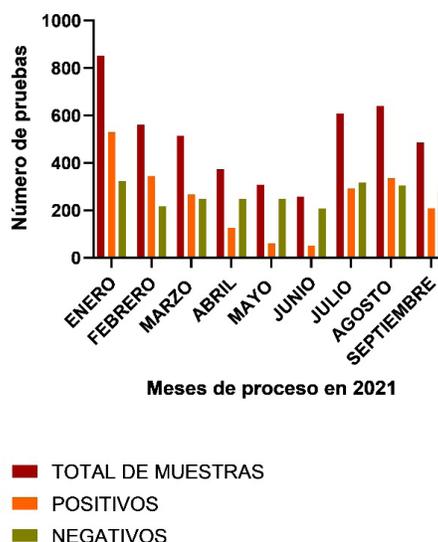


**Figura 5.** Representación gráfica de las pruebas de PCR para detección de SARS-CoV-2, realizadas durante el año 2020

MES	No. DE PACIENTES	POSITIVOS	NEGATIVOS
ENERO	852	530	322
FEBRERO	560	344	216
MARZO	514	267	247
ABRIL	373	126	247
MAYO	308	60	248
JUNIO	257	50	207
JULIO	608	292	316
AGOSTO	640	335	305
SEPTIEMBRE	486	209	277
TOTAL	4598	2213	2385

**Tabla 2.** Pruebas de SARS-CoV-2 realizadas en el HRAEI durante el año 2020

**Pruebas de SARS-CoV-2 realizadas en el HRAEI durante el año 2021**



**Figura 6.** Representación gráfica de las pruebas de PCR para detección de SARS-CoV-2, realizadas durante el año 2021

## Conclusiones

Se logró poner en marcha un laboratorio de diagnóstico molecular funcional en un hospital de nivel 3, con la posibilidad de hacer frente a una pandemia por SARS-CoV-2. Los métodos y las estrategias empleadas fueron las adecuadas ya que se logró obtener la de la aprobación ante las dependencias de salud en el mismo año en que se empezó a adecuar el área.

El número de pruebas realizadas a un año de la adaptación del laboratorio es prueba de que las medidas, capacitaciones y técnicas empedadas fueron las adecuadas, aportando en gran medida a un hospital de nivel 3 que brindó el servicio a la población mexicana ante una contingencia de salud mundial.

## Agradecimientos

Los autores agradecen de manera especial al Hospital Regional de Alta Especialidad de Ixtapaluca por haber brindado la oportunidad de implementar un área para hacer frente al estado de pandemia ya que requiere de esfuerzo humano y financiamiento

robusto para llevar a cabo un proyecto de tal magnitud. Así mismo se agradece la colaboración y logística de los jefes directos del departamento de investigación, enseñanza e investigación del mismo hospital por la gestión de los recursos para el éxito de dicho trabajo.

## Referencias

Barakat A., B. C. (11 de septiembre de 2020). Organización Mundial de la Salud. Obtenido de Pruebas diagnósticas para el SARS-CoV-2: Orientaciones provisionales: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/335830/WHO-2019-nCoV-laboratory-2020.6-spa.pdf>

HRAEI, H. R. (2021). Estrategias del HRAEI ante el reto de COVID-19. Obtenido de [https://issuu.com/liderazgoexperienciamedica/docs/libro\\_hraei\\_al\\_22\\_oct\\_2020\\_issu](https://issuu.com/liderazgoexperienciamedica/docs/libro_hraei_al_22_oct_2020_issu)

Parks J., P. D. (20 de agosto de 2020). The New England Journal of Medicine. Obtenido de <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMcibr2007042>

Secretaría del trabajo y previsión social. (17 de julio de 2017). Gobierno de México. Obtenido de Secretaría del Trabajo y Previsión Social, Documentos: <https://www.gob.mx/stps/documentos/norma-oficial-mexicana-nom-017-stps-2008-equipo-de-proteccion-personal-seleccion-uso-y-manejo-en-los-centros-de-trabajo>

# EVALUACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE OCRATOXINA A EN ALIMENTOS COMERCIALES EXTRUIDOS PARA PERROS

*Zaira Vianey Aguado Andrade\*<sup>1</sup>, Virginia Angélica Robinson Fuentes<sup>2</sup>*

<sup>1,2</sup>División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas "Dr. Ignacio Chávez", Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo; [1026500d@umich.mx](mailto:1026500d@umich.mx)<sup>1</sup>; [virginia.robinson@umich.mx](mailto:virginia.robinson@umich.mx)<sup>2</sup>

## Resumen

Las ocratoxinas son micotoxinas producidas por hongos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*, las cuales presentan actividad nefrotóxica, siendo la más tóxica y frecuente la ocratoxina A. La industria procesadora de alimentos para animales debe de garantizar productos estén por debajo de los límites toxicológicos establecidos para micotoxinas; desafortunadamente, las medidas de prevención son insuficientes y se estima que gran parte de los granos del mundo se encuentran contaminados. El riesgo potencial del consumo de micotoxinas por animales de compañía ha cobrado importancia debido al aumento de alimentos extruidos, además de no contar con normativas mexicanas que establezcan un límite permisible de OTA en el país. En otras especies animales, la OTA ocasiona enfermedad renal crónica; sin embargo, no se han reportado las dosis letales en perros. Se pretende determinar las concentraciones de OTA en alimentos extruidos para perros para conocer el grado de exposición de esta especie a OTA.

**Palabras clave:** Micotoxinas, ocratoxina A, nefrotóxica, alimentos extruidos, perros.

## Antecedentes

Las ocratoxinas son micotoxinas producidas por diversas especies de hongos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium* (Malir *et al.*, 2016). Se consideran *Aspergillus ochraceus*, *Penicillium verrucosum* y *P. viricatum*, los principales productores de ocratoxina A en alimentos debido a su gran facilidad de dispersión y crecimiento (Ravelo *et al.*, 2011). Estas especies fúngicas producen siete tipos de toxinas, siendo la más tóxica y frecuente la ocratoxina A, la cual se encuentra presente en las contaminaciones primarias de muchos productos vegetales y de modo particular en cereales y legumbres de regiones geográficas tanto templadas como frías y húmedas (López de Cerain *et al.*, 2000; Castañeda, 2012).

Aunque los perros y los gatos pertenecen a la Orden Carnivora, los alimentos extruidos para mascotas suelen contener cantidades relativamente altas de cereales y subproductos de cereales desde el proceso de extrusión. Sin embargo, a pesar de que las condiciones particulares de este procesamiento se caracterizan por emplear altas presiones y temperaturas, reducir la humedad de los alimentos y almacenar herméticamente al pellet para protegerlo de la contaminación y el desarrollo de hongos, no llegan a degradar/inactivar a las micotoxinas que posiblemente contaminan los ingredientes en bruto (Zwierzchowski *et al.*, 2004; Kaushik, 2013; Witaszak *et al.*, 2020).

La contaminación por hongos en alimentos concentrados causa serios problemas, dado que los tóxicos que producen disminuyen la calidad del alimento y al mismo tiempo la respuesta animal, causando con ello una baja producción. Los hongos y/o sus toxinas pueden estar presentes en la materia prima, pero si durante el almacenaje no se manejan correctamente, el problema se agrava (Santibañez *et al.*, 2011). Por consiguiente, los alimentos extruidos para mascotas resultan en riesgo de contaminación, siendo las aflatoxinas, el deoxinivalenol (DON), la zearalenona, fumonisinas y la ocratoxina A las principales micotoxinas presentes (Razzazi-Fazeli *et al.*, 2001).

La industria procesadora de alimentos concentrados para animales debe garantizar que sus productos estén por debajo de los límites toxicológicos establecidos para micotoxinas. La mejor manera de evitar problemas de contaminación por las toxinas fúngicas es a través de la prevención. Desafortunadamente, muchas veces las medidas de prevención son insuficientes y se estima que gran parte de los granos del mundo se encuentren contaminados con micotoxinas (Maia & Pereira, 2002; Requena *et al.*, 2005).

Más allá de las consecuencias perjudiciales para los resultados económicos y la reputación en la industria de los alimentos, la contaminación por micotoxinas plantea graves riesgos para la salud de los animales domésticos y seres humanos, ya que la contaminación de los alimentos para animales puede ser más relevante en las mascotas de compañía debido a que se mantienen y alimentan por períodos de tiempo más largos que los animales de granja y, por lo tanto, son más vulnerables a la exposición crónica a los tóxicos. Aunque el conocimiento actual sobre los efectos toxicológicos en estas especies es limitado, la OTA puede ser un factor ambiental asociado con la enfermedad renal crónica (ERC) en animales y humanos (Boermans & Leun, 2007; Songsermsakul *et al.*, 2007; Meucci *et al.*, 2017).

## Objetivo

Evaluar la concentración de OTA en alimentos extruidos comerciales para perros de diferentes marcas en empaque sellado y a granel para establecer el grado de exposición de esta especie a OTA dentro del estado de Michoacán.

## Parte experimental

Se seleccionaron 25 distintas marcas comerciales de alimentos extruidos en empaque sellado y 25 muestras a granel, de distintos puntos de venta en Michoacán.

- Tratamiento de la muestra de alimento comercial

Fueron abiertos los empaques de alimentos seleccionados en empaque sellado y a granel, para posteriormente mezclarse individualmente y obtener una muestra representativa de 500 g, la cual fue recolectada de 5 sitios diferentes (4 de los extremos y uno del centro), considerando que la distribución de las micotoxinas en el alimento se encuentra dispersa de manera heterogénea. Todas las muestras representativas se colocaron y sellaron en un empaque nuevo, así mismo, fueron identificadas con el nombre de la marca comercial, el número de serie, lote y lugar de adquisición.

Las muestras representativas (500 g de alimento comercial granulado para perros) fueron mezcladas nuevamente y se pesaron 200 g de cada una de ellas, posteriormente se sometieron a un proceso de homogeneización (trituration) hasta obtener partículas finas usando un mortero de porcelana.

- Extracción de OTA en alimento comercial

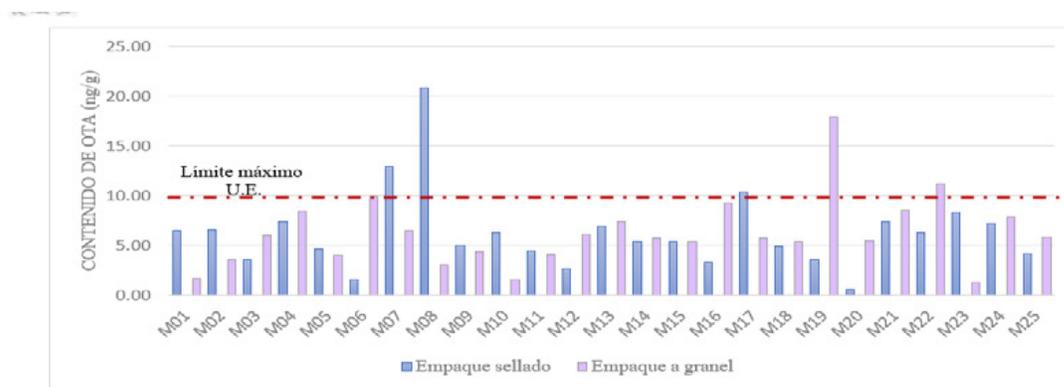
El producto de molienda obtenido de cada una de las muestras de croquetas se tamizó empleando un tamiz de malla #20. Se tomaron 20 g del tamizado y se le agregaron 100 mL de metanol al 70% agitando durante 5 minutos. Se recuperaron 10 mL de sobrenadante y se centrifugó a 1008 G durante 10 minutos. Finalmente, se tomó una alícuota de 1.5 mL en un microtubo de centrífuga, la cual se mantuvo en refrigeración a 4 °C hasta la cuantificación.

- Determinación de OTA en alimento comercial

Una vez obtenidos los extractos de las muestras, se procedió a determinar la concentración de OTA utilizando un método de inmunoensayo enzimático (ELISA) competitivo directo siguiendo el protocolo del kit comercial de marca Helica® (Ochratoxin A Universal Detection ELISA Kit, 96-wellkit, Helica Biosystems, Inc., Santa Ana, CA) de número de lote 102920, conservado a una temperatura de refrigeración de 2- 4 °C hasta su empleo.

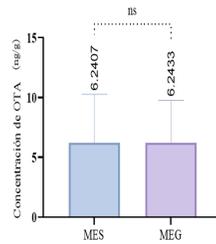
## Resultados y discusión

Se analizaron un total de 25 muestras en empaque sellado (ES) y 25 muestras a granel (EG), en donde se observó que el 100% (n=50) de las muestras de alimento extruido fueron positivas para OTA, además de determinar que 12% supera a los límites permi-sibles establecidos por la Unión Europea (U. E.), en donde tres de las muestras en em-paque sellado (ES07, ES08, ES17) y dos muestras a granel (EG19, EG222) exceden los límites; en cambio, una muestra a granel se mantiene en el umbral (EG06) (Fig. 1).



**Figura 1.** Incidencia de OTA en muestras de alimento comercial extruido para perros

En la comparativa de medias de las muestras de empaque sellado y muestras de venta a granel se determinó que no hay diferencia estadísticamente significativa entre las concentraciones de Ocratoxina A ( $p= 0.9980$ ) (Fig. 2), presentando una concentración promedio de  $6.2407 \pm 4.026$  ng/g en las muestras de empaque sellado y de  $6.2433 \pm 3.536$  ng/g en las muestras evaluadas a granel; asimismo, estas muestras presentaron un intervalo de concentraciones de OTA de  $0.5314$  ng/g a  $20.8687$  ng/g en las muestras de empaque sellado y de  $1.3262$  ng/g a  $17.9297$  ng/g en las muestras de empaque a granel. Cabe señalar que algunos informes de casos han demostrado que la OTA puede inducir insuficiencia renal o incluso la muerte en perros a la concentración de  $8.3$  ng/g.



**Figura 2.** Comparativa de OTA presente en muestras de alimento de empaque sellado (MES) y empaque a granel (MEG) (ns= No significativo).

## Conclusiones

El presente estudio es uno de los primeros acercamientos en México para evaluar la exposición de OTA en perros a través de los alimentos que consumen, lo cual promueve nuevas propuestas de proyectos para regular la contaminación de alimentos, ya que no se cuentan con normativas mexicanas que establezcan un límite permisible de esta micotoxina en el país.

Se encontró que el 100% de las muestras analizadas están contaminadas por ocratoxina A; sin embargo, una minoría de las marcas (12%) superan a los niveles permisibles por las normas europeas. Debido a que no se observaron diferencias significativas entre las concentraciones de las muestras, se concluye que la contaminación por OTA se encuentra presente en las materias primas empleadas para la producción de estos alimentos extruidos para mascotas. Por estos motivos, es muy importante la realización de más estudios referentes a la contaminación de los alimentos por micotoxinas.

## Agradecimientos

Agradezco al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo a través de la Coordinación de la Investigación Científica por el apoyo y patrocinio económico brindado para la presente investigación.

## Referencias

- Boermans, H. J. & Leung, M. C. (2007). Mycotoxins and the pet food industry: Toxicological evidence and risk assessment. *International Journal of Food Microbiology*, 119: 95-102.
- Castañeda, S. R., Chirivella, M. J. & Carbonell, B. E. (2012). Micotoxicosis derivadas de la nutrición animal; Revisión del tema. *Revista Iberoamericana Interdisciplinar de Métodos, Modelización y Simulación*, 4: 51-61.
- Kaushik, G. (2013). Effect of processing on mycotoxin content in grains. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55: 1672-1683.
- López de Cerain, A., Jiménez, A. M., Ezpeleta, O. & Bello, J. (2000). Efectos tóxicos de la Ocratoxina. *Revista Toxicología*, 17: 61-69.
- Maia, P. & Pereira, M. (2002). Ocurrence of aflatoxins B1, B2, G1 and G2 in some Brazilian pet foods. *Food Additives and Contaminants*, 19: 1180-1183.
- Malir, F., Osrty, V., Pfohl-Leszkowicz, A., Malir, J. & Toman, J. (2016). Ochratoxin A: 50 years of research. *Toxins*, 8: 191.
- Meucci, V., Luci, G., Vanni, M., Guidi, G., Perondi, F. & Intorre, L. (2017). Serum levels of ochratoxin A in dogs with chronic kidney disease (CKD): a retrospective study. *Journal of Veterinary Medical Science*, 79: 440-447.
- Ravelo, A., Rubio, C., Gutiérrez, A. J. & Hardisson, A. (2011). La Ocratoxina A en alimentos de consumo humano. *Nutrición Hospitalaria*, 26: 1215-1226.
- Razzazi-Fazeli, E., Böhm, J., Grajewski, J., Szczepaniak, K., Kübber-Heiss, A. J. & Iben, C. H. (2001). Residues of ochratoxin A in pet foods, canine and feline kidneys. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 85: 212-216.
- Requena, F., Saume, E. & León, A. (2005). Micotoxinas: riesgos y prevención. *Zootecnia Tropical*, 23: 393-410.
- Santibañez, R. E., Hernández, M. G., Montañez, O. V, Tapia, J. G., Martínez, J. I. & Avellaneda, J. C. (2011). Identificación y cuantificación de hongos micotoxicogénicos en alimentos para bovinos. *Ciencias Tecnológicas*, 4: 19-23.
- Songsermsakul, P., Razzazi-Fazeli, E., Böhm, J. & Zentek, J. (2007). Occurrence of deoxynivalenol (DON) and ochratoxin A (OTA) in dog foods. *Mycotoxin Research*, 23: 65-67.

Witaszak, N., Stepien, T., Bocianowski, J. & Waskiewicz, A. (2020). Fusarium Species and Mycotoxins Contaminating Veterinary Diets for Dogs and Cats. *Microorganisms*, 7: 26.

Zwierzchowski, W., Gajecki, M., Obremski, K., Zielonka, L. & Baranowski, M. (2004). The occurrence of zearalenone and its derivatives in standard and therapeutic feeds for companion animals. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 7: 289-293.

# EFECTO DEL TRANS RESVERATROL COMO AGENTE CARDIO-PROTECTOR DURANTE EL INFARTO AGUDO EN RATAS WISTAR HEMBRA

*Elizabeth Romero Monter*<sup>\*1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México,  
[elizamonter25@gmail.com](mailto:elizamonter25@gmail.com)

## Resumen

La forma más común de Enfermedad Cardiovascular es el infarto miocárdico. Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son la primera causa de muerte en México, uno de ellos es el infarto miocárdico, evento de necrosis causado por un síndrome isquémico inestable. En mujeres el infarto aumenta su incidencia en la menopausia, etapa donde los niveles de estradiol disminuyen, esta hormona ha demostrado proteger durante edad fértil contra las ECV. A pesar de existir tratamiento farmacológico, no han logrado disminuir su incidencia en mujeres, es necesario estudiar nuevas opciones terapéuticas, una de ellas es el resveratrol, un polifenol natural. Numerosas plantas y frutos lo contienen, sobre todo la uva y el vino, por lo cual están siendo estudiados sus efectos a nivel cardiovascular, por la poca incidencia de ECV sobre población consumidora de vino. El objetivo del presente trabajo es evaluar el efecto del resveratrol sobre la reactividad vascular a angiotensina II, en Rata Wistar hembra ovariectomizada, con oclusión coronaria de 48 horas de evolución.

**Palabras clave:** Infarto Miocárdico, Mujeres, Muerte, Resveratrol, Angiotensina II, Tratamiento farmacológico.

---

## Antecedentes

Las enfermedades cardiovasculares (ECV) son un grupo de desórdenes del corazón y de los vasos sanguíneos. Algunos de los factores de riesgo para desarrollar enfermedades del corazón pueden incluir, edad, sexo, antecedentes familiares, el tabaquismo, la mala alimentación, la falta de actividad física, el consumo de alcohol, la hipertensión, la diabetes y la obesidad. La mayoría de las enfermedades del corazón pueden ser prevenidas o tratadas manteniendo un estilo de vida saludable. (O.M.S. 2021). En las mujeres durante la menopausia las ECV son la principal causa de muerte, en comparación con otros padecimientos combinados, incluido el cáncer de mamá, aunque la población percibe que ésta es una enfermedad más frecuente y grave, sin embargo; a nivel mundial se tienen nueve veces más probabilidades de morir por una ECV que de cáncer de seno (O.M.S. 2017). Las ECV se consideran tradicionalmente como un problema de los hombres de mediana edad, pero, afecta a tantas mujeres como hombres, e incluso estas cifras pueden ser superadas durante el climaterio. Se cree que esta diferencia se debe a los efectos protectores del estrógeno que se produce en los años anteriores a la menopausia. Se presume que tiene un efecto positivo en la capa interna de la pared de la arteria, ayudando a mantener flexibles los vasos sanguíneos. Eso significa que pueden relajarse y expandirse para acomodar el flujo sanguíneo. (Currie, H. y Williams, C. 2008).

El infarto agudo de miocardio es un evento de necrosis del miocardio causado por un síndrome isquémico inestable. En el contexto clínico, el infarto de miocardio generalmente se debe a la oclusión trombótica de un vaso coronario causada por la ruptura de una placa vulnerable. La isquemia induce profundas perturbaciones metabólicas e iónicas en el miocardio afectado y provoca una rápida depresión de la función sistólica. El corazón de los mamíferos adultos tiene una capacidad regenerativa insignificante, por lo que el infarto de miocardio se cura mediante la formación de una cicatriz. La curación del infarto depende de una cascada inflamatoria, desencadenada por alarmas liberadas por las células moribundas. (Mehta, L., et al., 2016). (Frangogiannis, N., 2015). Se sabe que los estrógenos son hormonas esteroideas producidas principalmente en los ovarios, estas juegan un papel importante en la fisiopatología cardiovascular; debido a que numerosas observaciones clínicas han demostrado que las mujeres en edad fértil están protegidas contra enfermedades cardiovasculares, protección que desaparece cuando los ovarios las dejan de producir durante la menopausia o por la extirpación de éstos en mujeres premenopáusicas o en edad fértil. Sin embargo, los mecanismos a

través de los cuales las hormonas estrogénicas confieren protección cardiovascular en las mujeres no han sido del todo aclarados. (Franco, Y. y cols. 2003).

Existen varias propuestas que tratan de explicar el mecanismo por el cual las hormonas estrogénicas ejercen protección cardiovascular en las mujeres. Uno de los enfoques ha analizado los efectos que estas hormonas sexuales producen sobre las células endoteliales, generando la síntesis de factores derivados del endotelio como las prostaciclina, endotelina-1 (ET-1) y óxido nítrico (NO). Los estrógenos, *per se* son sustancias con actividad vascular. El E<sub>2</sub> incrementa la síntesis del NO, participan de manera importante en la regulación de un gran número de factores intrínsecos y extrínsecos del sistema cardiovascular. El tipo y grado de respuesta del sistema cardiovascular es muy variable y estará determinada por la concentración sanguínea que se genere de estas sustancias en la circulación cuando se trata de estrógenos endógenos o bien de su administración exógena, así como de otros agentes que alteren su actividad. (Franco, Y. y cols. 2003). Los fitofármacos son medicamentos a base de plantas cuya eficacia se reduce a una o varias sustancias vegetales (principios activos). Las plantas o partes de las mismas se utilizan para la producción de medicamentos a base de hierbas. En farmacología, los medicamentos crudos se definen, entre otras cosas, como el material natural, sin refinar, de origen vegetal, animal o microbiano utilizado para la elaboración de medicamentos. (Pott, A. 2017). Los Fitoestrógenos son sustancias químicas naturales de origen vegetal que tienen la capacidad de causar efectos estrogénicos y/o antiestrogénicos debido a sus similitudes estructurales con la hormona humana estradiol (17β-estradiol). La mayoría de los fitoestrógenos pertenecen a un gran grupo de compuestos fenólicos sustituidos conocidos como flavonoides. La similitud de los fitoestrógenos con los estrógenos a nivel molecular les proporciona la capacidad de imitar levemente y, en algunos casos, actuar como antagonistas de los estrógenos. (Duncan, A. M. 2007). Los compuestos fenólicos son el grupo más extenso de sustancias no energéticas presentes en los alimentos de origen vegetal. En los últimos años se ha demostrado que una dieta rica en polifenoles vegetales puede mejorar la salud y disminuir la incidencia de enfermedades cardiovasculares, son las características fisicoquímicas de estos compuestos las que les permiten participar en distintas reacciones metabólicas celulares de óxido-reducción. Sus propiedades antioxidantes justifican muchos de sus efectos beneficiosos. (Quiñones, M., Miguel, M. y Aleixandre, A. 2012).

Numerosos estudios han avalado las propiedades biológicas de los polifenoles. Estos efectos son fundamentalmente consecuencia de sus propiedades antioxidantes que pueden usualmente justificar sus acciones vasodilatadoras y vaso-protectoras, así

como sus acciones antitrombóticas, antilipémicos, anti ateroscleróticas, antiinflamatorias y antiapoptóticos. Los polifenoles también pueden interferir con los sistemas de detoxificación celular, como la superóxido dismutasa, la catalasa o la glutatión peroxidasa. Además, estos compuestos pueden inhibir enzimas generadoras de ROS, como la xantina oxidasa y la nicotinamida-adenina dinucleótido fosfato (NADPH) oxidasa. (Lucas, A. C. 2009).

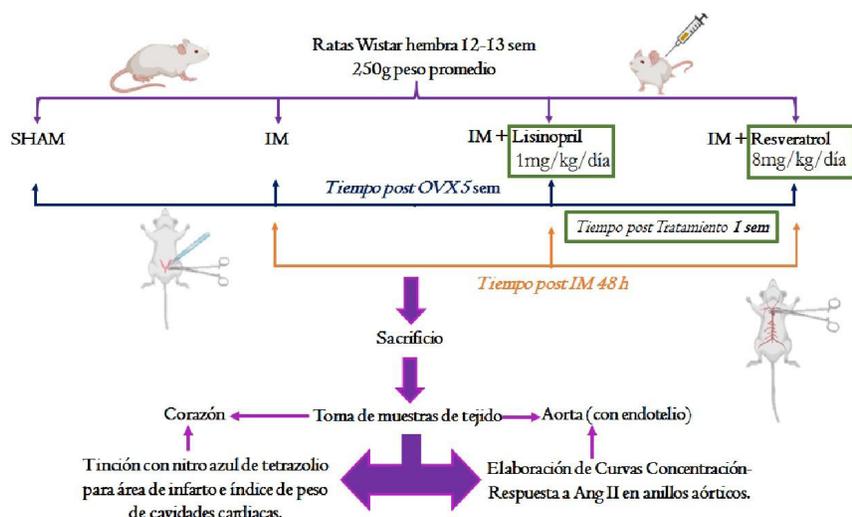
El resveratrol es el 3,5,4'-trihidroxiestilbeno, es decir, un polifenol natural con estructura de estilbeno (hidrocarburos aromáticos con formas cis y trans), que ha sido un componente clave en preparados medicinales desde hace más de 2000 años, ha sido y está siendo objeto de estudio, entre otras cosas, por sus efectos sobre la salud cardiovascular, debido a la observación de la poca incidencia de las enfermedades cardiovasculares sobre la población consumidora de vino. (Higueruela, A. L. M. 2015).

## Objetivo

Evaluar el efecto del resveratrol sobre la reactividad vascular a angiotensina II, en Rata Wistar hembra ovariectomizada, con oclusión coronaria de 48 horas de evolución.

## Protocolo experimental

Se contó con 16 ratas Wistar hembra de 12 a 13 sem de edad con un peso promedio de 250g, las cuales fueron distribuidas en cuatro grupos, SHAM, IM, IM+Lisinopril e IM+Resveratrol, obteniendo en promedio una n=5. A todos los grupos se les realizó ovariectomía bilateral (OVX) de la cual se les dejó recuperar por 5 sem. Posteriormente, dos de los grupos fueron administrados con Lisinopril y Resveratrol (1 mg/kg/día y 8 mg/kg/día respectivamente) durante una semana, al término de dicho tratamiento se les realizó oclusión coronaria (OC) a los grupos administrados y uno sin administrar, transcurridas 48 h después de la cirugía procedemos a sacrificar a cada uno de los grupos en cámara de anestesia saturada con éter etílico y extraer las aortas, las cuales se limpiaron y cortaron en anillos de aproximadamente 2 mm de espesor para montarse en el equipo de órgano aislado, finalmente a los corazones se les perfundió con solución salina fisiológica, se cortaron y trataron para ser teñidos con nitroazul de tetrazolio.



## Resultados y discusión

Grupos	AD (mg/g)	AI (mg/g)	VI (mg/g)	VD (mg/g)
OVX-SHAM	0.05 ± 0.0047	0.02 ± 0.0019	0.56 ± 0.0547	0.29 ± 0.0395
OVX+IM	0.04 ± 0.0027	0.02 ± 0.0028	0.50 ± 0.0174	0.24 ± 0.0146
OVX+IM+Lisinopril	0.02 ± 0.0050	0.03 ± 0.0053	0.40 ± 0.0481*	0.23 ± 0.0370
OVX+IM+Resveratrol	0.02 ± 0.0040	0.02 ± 0.0050	0.69 ± 0.0214	0.21 ± 0.0472

**Tabla 1.** Índice de peso de cavidades cardiacas.

Estos resultados son la media ± el error estándar de una n=5 experimentos. ANOVA de una vía seguido de una prueba de Student Newman Keuls. \*P<0.05 vs OVX-SHAM. AD aurícula derecha; AI aurícula izquierda; VI ventrículo izquierdo; VD ventrículo derecho.

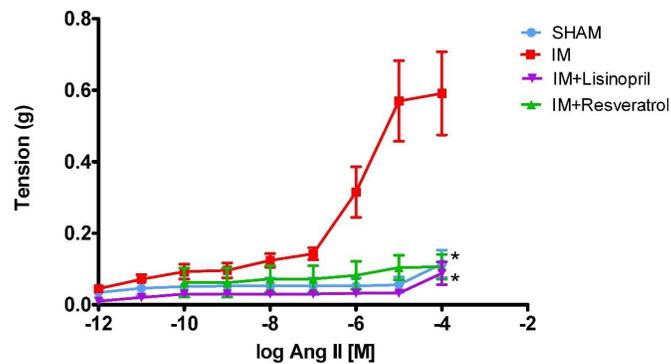
En la tabla 1 se muestran los resultados del índice de peso de las cavidades cardiacas de los diferentes grupos experimentales, encontrando diferencia significativa en el índice de peso del VI del grupo IM+LIS vs SHAM. Los datos obtenidos muestran que el peso promedio en el VI de éste es menor en comparación con el grupo SHAM.

Grupos	% Área de Infarto
IM	35.48 ± 4.29
IM+Lisinopril	10.8 ± 3.81*
IM+Resveratrol	15.7 ± 6.11

**Tabla 2.** Porcentaje (%) de Área de infarto.

Estos resultados son la media  $\pm$  el error estándar de una n=5 experimentos. ANOVA de una vía seguido de una prueba de Student Newman Keuls. \*P<0.05 vs IM.

En la tabla 2 se muestran los resultados del porcentaje de área infartada de los grupos experimentales, donde se encontró una menor área de infarto en el grupo IM+Lisinopril vs el grupo IM.



**Figura 1.**-Comparación entre las curvas concentración-respuesta a angiotensina II de todos los grupos de estudio.

Estos resultados son la media  $\pm$  el error estándar de una n=5 experimentos. ANOVA de una vía seguido de una prueba de Student Newman Keuls. \*P<0.05 vs IM.

En la Figura 1 son representados los resultados obtenidos de la respuesta contráctil a Ang II en un evento agudo (48 horas después) de infarto al miocardio, en presencia de Lisinopril (IM+Lisinopril 1mg/kg/día) o Resveratrol (IM+Resveratrol 8mg/kg/día) tras ser administrados una semana previa a la oclusión coronaria, mostrando que en el grupo IM (Infarto Miocárdico) la reactividad vascular aumenta a consecuencia de la oclusión coronaria en comparación con el grupo SHAM (Ligadura falsa), por otro lado los grupos IM+Lisinopril e IM+Resveratrol mantienen la respuesta contráctil a pesar del infarto miocárdico.

En el presente trabajo se comprobó que el resveratrol tiene un efecto cardioprotector cuando se administra 1 sem previa al IM en rata Wistar hembra ovariectomizada, debido a que permite mantener la reactividad vascular a Ang II similar al grupo SHAM (Figura 1), disminuyendo el área de infarto y evitando el desarrollo de hipertrofia.

La disfunción endotelial es una característica común de varios procesos patológicos como el IM tal como se observa en la Figura 1, el aumento de la reactividad vascular en el grupo IM nos podría indicar un incremento en la resistencia vascular presen-

tada como consecuencia del IAM. Los fármacos que mejoran la función endotelial o mejoran las vías alternativas para la liberación de mediadores endoteliales pueden tener una ventaja potencial en el tratamiento de esta patología.

Además, en nuestros resultados observamos que el infarto miocárdico aumenta la reactividad vascular a Angiotensina II en los anillos aórticos.

El tratamiento previo con Resveratrol disminuye la reactividad vascular de manera similar al IECA Lisinopril, el cual suprime la producción del vasoconstrictor Angiotensina II.

La disminución del área de infarto apreciada en los grupos tratados con Resveratrol posiblemente es mediada a través del incremento en la producción de NO, además disminuye la necrosis celular en la isquemia/reperfusión y mantiene la integridad del tejido en el infarto a través de la sobre regulación de la vía de señalización PI3K/Akt/e-NOS.

## **Conclusiones**

El tratamiento previo con resveratrol es tan efectivo como el Lisinopril al mantener la reactividad vascular, disminuir el área de infarto y evitar el desarrollo de hipertrofia cardiaca en rata Wistar hembra ovariectomizada con 48 h de infarto miocárdico.

## **Agradecimientos**

A los miembros del Laboratorio de Farmacología del Miocardio de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán Campus 1, por la orientación brindada durante la realización del proyecto.

## Referencias

- Currie, H. y Williams, C. (2008). “Menopause, Cholesterol and Cardiovascular Disease”. *US Cardiology*;5(1):12–4 DOI: <https://doi.org/10.15420/usc.2008.5.1.12>
- Duncan, A. M. (2007). “Phytoestrogens in Functional Foods”: edited by Fatih Yildiz, 2005, 336 pages. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 85(2), 571–571. doi: <https://10.1093/ajcn/85.2.571>
- Franco, Y., Mendoza-Fernández, V. y Lemini, C. (2003). “Mecanismos de acción de los efectos protectores de los estrógenos sobre el sistema cardiovascular”. Departamento de Farmacología, Facultad de Medicina, UNAM. *Rev. Fac. Med. UNAM* Vol. 46 No. 3 Mayo-Junio.
- Frangogiannis, N. (2015). “Pathophysiology of Myocardial Infarction”. *American Physiological Society. Compr Physiol* 5:1841-1875. Volume 5, October 2015. DOI: <https://10.1002/cphy.c150006>
- Higueruela, A. L. M. (2015). “Efecto Cardioprotector del Resveratrol: Mecanismos Implicados”. Universidad de Illes Balears, Facultad de Ciencias. Memoria fin de grado. Páginas 6-10.
- Lucas, A. C. (2009). “Estudio de la complejación del resveratrol por diferentes tipos de ciclodextrinas”. Facultad de ciencias de la salud, de la actividad física y del deporte. Departamento de tecnología de la alimentación y nutrición. Universidad Católica San Antonio, Murcia. Noviembre. Tesis. Páginas 15-24.
- Mehta, L., Beckie, T., et al. (2016). “Acute Myocardial Infarction in Women. A Scientific Statement From the American Heart Association”. November 16, 2017. <http://circ.ahajournals.org/133:00-00>. DOI: [10.1161/CIR.0000000000000351](https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000351)
- Organización Mundial de la Salud. Centro de Prensa. “Enfermedades cardiovasculares”. 17 de mayo de 2017. Recuperado de: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds)).
- Organización Mundial de la Salud. 2021. Recuperado de [https://www.who.int/cardiovascular\\_diseases/es/](https://www.who.int/cardiovascular_diseases/es/)
- Pott, A. (2017). “Phytopharmaceuticals – fighting disease with natural substances”. BIO-PRO Baden-Württemberg GmbH. Healthcare industry BW. 17-Jan-2017. Recuperado de: <https://www.gesundheitsindustrie-bw.de/en/article/dossier/phytopharmaceuticals-fighting-disease-with-natural-substances>
- Quiñones, M., Miguel, M. y Aleixandre, A. (2012). “Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular”. *Nutrición Hospitalaria*. Departamento de Farmacología. Facultad de Medicina. Universidad Complutense. Madrid. Instituto de Investigación en Ciencias de Alimentación (CIAL, CSIC-UAM). Madrid. España;27(1):76-89 ISSN 0212-1611 • CODEN NUH0EQ S.V.R. 318.

# EFECTO DE LA HIDRÓLISIS BÁSICA Y MEDIO ÁCIDO EN LA ESTABILIDAD DE OCRATOXINA A

*Citlalli Hurtado Martínez\*<sup>1</sup>, Daniel Eduardo Espinoza Serrato<sup>2</sup>, Miriam Yuritzi Gaspar Ruiz<sup>3</sup>, Virginia Angélica Robinson Fuentes<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>Licenciatura en biotecnología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, [1702141K@umich.mx](mailto:1702141K@umich.mx)

<sup>2</sup>Licenciatura en biotecnología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, [2011173h@umich.mx](mailto:2011173h@umich.mx)

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Médicas y Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, [0850422x@umich.mx](mailto:0850422x@umich.mx)

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

## Resumen

El maíz es uno de los alimentos más consumidos en México; sin embargo, cuando no se maneja adecuadamente puede contaminarse por hongos, disminuyendo la calidad de los alimentos. La contaminación por hongos puede producir micotoxinas, como la micotoxina nefrotóxica Ocratoxina A. El maíz es un producto de alto consumo en México y generalmente se usa después del proceso de nixtamalización proceso que además de mejorar algunas características del maíz, podría reducir la contaminación por Ocratoxina A. Se contaminaron muestras de maíz con concentraciones conocidas de OTA, se nixtamalizaron y se produjeron tortillas. Estas se analizaron por cromatografía en capa fina para determinar la disminución de la OTA. Después, las tortillas se sometieron a medio ácido, como el medio gástrico para establecer si se regenera la OTA. Se determinó que la nixtamalización logra disminuir parcialmente la concentración de OTA, siendo un método seguro para reducir la contaminación por micotoxinas en algunos alimentos.

**Palabras clave:** Micotoxinas, ocratoxina A, maíz, nixtamalización, hidrólisis alcalina, medio ácido.

## Antecedentes

El maíz es un alimento básico en México, siendo uno de los principales productos consumidos. Este producto agrícola es propenso a sufrir daños por especies fúngicas debido a prácticas de manejo pre- y post- cosecha inadecuadas, lo que puede conducir a una reducción del rendimiento y calidad del producto. La presencia de dichas especies suele ir acompañada de contaminación por micotoxinas como la ocratoxina A (OTA), comprometiendo la inocuidad del maíz y exponiendo la salud de los consumidores, además de provocar pérdidas económicas significativas (Mendoza & Bianchini, 2021). Las micotoxinas se pueden definir como compuestos naturales que tienen bajo peso molecular y que son producidos por hongos microscópicos que generan micotoxinas (Santillán *et al.*, 2017). En este trabajo se abordará específicamente a la OTA, la cual se considera un metabolito secundario tóxico producido por las especies fúngicas *Penicillium verrucosum* y *Aspergillus ochraceus*. Las fuentes principales de exposición a la OTA se encuentran en cereales y piensos, aunque también pueden encontrarse en los granos de café verde, las uvas, las pasas, el vino, la carne y sus derivados, el chocolate, la cerveza, las especias y las legumbres. Las condiciones medio ambientales y las prácticas agrícolas durante el periodo de almacenamiento y el transporte afectan de manera directa a los niveles de OTA en alimentos. Al mismo tiempo, se demostró que una alta humedad favorece la producción de OTA en los productos alimentarios. Los daños que ocasiona la OTA son nefrotóxicos, hepatotóxicos y carcinogénicos. (Ravelo *et al.*, 2011). Los principales problemas para eliminar esta micotoxina es su termoestabilidad, su estabilidad en pH de entre 4 a 8 y el tiempo de vida en almacén, ya que al estar guardado la humedad que está en dicho lugar les permite a las especies fúngicas seguir desarrollándose y formando los metabolitos secundarios de los cuales proceden la OTA (Santillán *et al.*, 2017).

La palabra nixtamalización proviene del náhuatl *nextli*, cal de cenizas, y *tamalli*, masa cocida de maíz; “ceniza y masa” (Fournieri, 1998). Es un método originario de Mesoamérica que consiste en una cocción alcalina (cal,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) de maíz. La solución alcalina degrada y elimina el pericarpio (cuya función es proteger a este producto agrícola de los microorganismos), suaviza la estructura del endospermo (estructura del maíz que contiene grandes cantidades de proteínas y carbohidratos) y permite la difusión de agua e iones de calcio en la porción interna de almidón del grano, lo cual puede a su vez influir en la contaminación de micotoxinas. En el proceso tradicional de nixtamalización, después de la cocción alcalina, los granos de maíz se dejan en reposo durante

aproximadamente 24 horas, y luego se lavan para eliminar los restos del pericarpio y el exceso de calcio (Fernández, *et al.*, 2002; Méndez, *et al.*, 2008; Gutiérrez, *et al.*, 2013). El producto resultante, llamado nixtamal, se muele para producir la masa, la cual es la base de varios platillos como la tortilla, tamales, pozole, bebidas, entre otros. Además, la nixtamalización puede afectar los niveles de micotoxinas en el producto alimenticio resultante (Caballero, Iribarren & Peña, 2000).

El pH elevado (alcalino) del proceso de nixtamalización promueve la ionización de los grupos hidroxilo del almidón, así como la hidrólisis de la molécula de ocratoxina A al eliminar los grupos de ácido carboxílico y, en consecuencia, la nixtamalización puede reducir el contenido de OTA de los productos alimenticios si se desecha el nejayote (cáscara), reduciendo así el potencial hepatotóxico y nefrotóxico de la masa contaminada y los productos derivados hechos de maíz contaminado (Ravelo *et al.*, 2011).

## Objetivo

Determinar la inactivación parcial o total de la ocratoxina A durante la hidrólisis alcalina (nixtamalización) y conocer su comportamiento al someterla nuevamente a un medio ácido.

## Parte experimental

### - *Hidrólisis alcalina*

Se usaron 4 muestras de maíz de 10 g cada una y se contaminaron por aspersion con 50, 75, 100 y 150 µg de OTA, respectivamente.

Cada una de las muestras se transfirió a un vaso de precipitado y se les adicionaron 0.33 g de hidróxido de calcio y 100 mL de agua destilada. Las mezclas se calentaron a 80°C durante 30 minutos y se dejaron reposar durante 12 a 16 horas. Después, se realizaron tres lavados con agua destilada en las muestras para eliminar los residuos de hidróxido de calcio y la cáscara del maíz. El maíz lavado fue molido con agua destilada en un mortero de porcelana para formar una masa. Cada muestra de masa se colocó en un matraz y se les adicionó acetonitrilo al 80% como solvente de extracción para ser mezcladas posteriormente en vórtex por 5 minutos. Para la extracción, se separaron los componentes en tubos falcón y se centrifugaron a 3500 rpm durante 15 minutos. La solución obtenida fue concentrada por medio de un rotavapor hasta obtener

un mínimo volumen; el matraz se lavó 3 veces con acetonitrilo al 80% para recuperar en su totalidad a la OTA.

- *Tratamiento ácido.*

Para el tratamiento ácido se usaron otras 4 muestras de 10 g de maíz, las cuales se sometieron al mismo proceso descrito en el párrafo anterior, hasta la obtención de la masa. Las 4 muestras se utilizaron para formar tortillas, las cuales fueron trituradas para después ser sometidas a un medio gástrico simulado, compuesto de ácido clorhídrico a una concentración de 0.1 molar por 60 minutos. Se dejaron reposar las preparaciones por 24 horas. Al término de este tiempo, las masas resultantes se filtraron y se obtuvo una fase líquida a esta se le ajustó el pH a 5.0. Se realizó la extracción de OTA con tres volúmenes de cloroformo, que se combinaron y se evaporaron a un volumen mínimo.

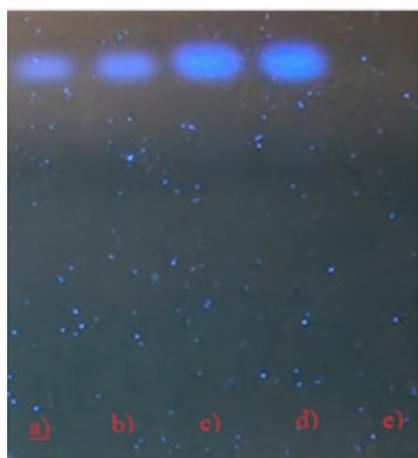
- *Análisis por Cromatografía en Capa Fina.*

Cada uno de los extractos (estándares, hidrólisis alcalina y tratamiento ácido) fueron aplicados en volúmenes de 10  $\mu$ L en placas de Cromatografía en Capa Fina de 10 x 20 cm de sílica gel 60G. Se realizaron los corrimientos cromatográficos usando una mezcla de tolueno, acetato de etilo y ácido fórmico (6:3:1) como fase móvil. Se dejó correr la fase móvil hasta un 90% de la placa y se retiró de la cámara para dejarla secar y revelar las concentraciones de OTA bajo luz UV a 254 nm.

## Resultados y discusión

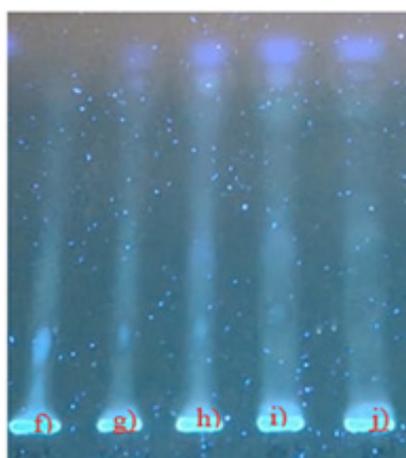
La intensidad de las bandas de concentración estándar y blanco observadas en las placas de cromatografía (Fig. 1) es similar a las bandas observadas después del proceso de hidrólisis alcalina (nixtamalización) (Fig. 2). Sólo la banda de menor concentración de la Figura 2 muestra una intensidad menor que la inicial, como se muestra en la Figura 1. Esto quiere decir que sí hubo una pequeña disminución en la concentración de OTA como consecuencia del proceso de nixtamalización. Entonces, cuando la concentración es mayor, difícilmente se observa una disminución en la concentración. Esto ya se había observado con las aflatoxinas. La concentración es importante para que la

nixtamalización sea efectiva como método para disminuir micotoxinas (Caballero et al, 2000). Por otro lado, había que considerar la posibilidad de reactivación de la OTA cuando entrara en medio ácido, como el del estómago y de ahí el haber sometido a los productos de nixtamalización a este medio. Los resultados se observan en la Figura 3, cuyas intensidades de banda son similares a las observadas a las muestras después de la hidrólisis alcalina no aumentaron con respecto a las concentraciones observadas después de la nixtamalización (Fig. 2). Se alcanza a observar que la muestra de menor concentración (50 mg) cuya banda desaparece después de la nixtamalización, no se vuelve a observar posterior al tratamiento ácido. Esto quiere decir que no hubo activación de la OTA en el medio ácido y que las bandas cuya intensidad no cambia es debido a la OTA que permaneció en el maíz aún después del proceso de nixtamalización. Entonces se puede concluir que la hidrólisis alcalina o nixtamalización sí es útil para disminuir las concentraciones de esta micotoxina ya que, después del proceso de nixtamalización no se vuelve a activar en el medio ácido del estómago.

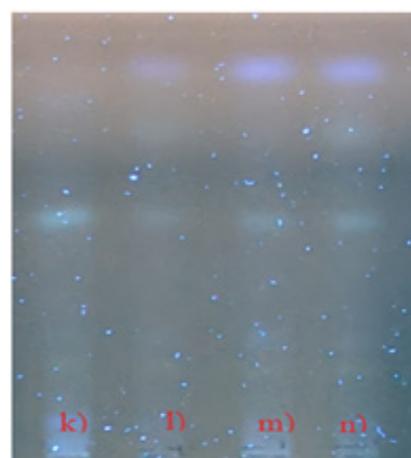


**Figura 1.** Placa de cromatografía que muestra las concentraciones de OTA estándar y blanco  
a) 50 µg; b) 75 µg; c) 100 µg; d) 150 µg; e) Blanco acetonitrilo 80%.

**Figura 2.** Placa de cromatografía empleando muestras de maíz nixtamalizado contaminado con OTA



**f)** Extracto de maíz; **g)** Maíz nixtamalizado + OTA 50 µg; **h)** Maíz nixtamalizado + OTA 75 µg; **i)** Maíz nixtamalizado + OTA 100 µg; **j)** Maíz nixtamalizado + OTA 150 µg).



**Figura 3.** Placa de cromatografía con muestras de maíz en medio ácido con OTA  
k) Maíz en medio ácido + OTA 50 µL; l) Maíz en medio ácido + OTA 75 µL; m) Maíz en medio ácido + OTA 100 µL; n) Maíz en medio ácido + OTA 150 µL).

## Conclusiones

Los resultados obtenidos muestran que a bajas concentraciones de Ocratoxina A, la nixtamalización (hidrólisis alcalina) es efectiva para disminuir las concentraciones de la micotoxina en el maíz y que las condiciones ácidas del estómago no favorecen la activación de la misma. Sólo falta medir en qué porcentaje y hasta qué concentración es posible eliminar la concentración de Ocratoxina de las muestras de maíz.

## Referencias

- Caballero, B. F., Iribarren, A. & Peña, J. (2000). Recent advances on the understanding of the nixtamalization process. *Superficies y vacío*, 10: 20-24.
- Fernández, M. J., Rodríguez, M. E., Pless, R. C., Martínez, F. H., Leal, M., Martínez, J. L. & Baños L. (2002). Changes in nixtamalized corn flour dependent on postcooking steeping time. *Cereal Chemistry*, 79:162–166.
- Fournieri, P. (1998). El complejo nixtamal/comal/tortilla en Mesoamérica. *Boletín de Antropología Americana*, 32: 13-40.
- Gutiérrez, C. E., Rojas, M. J., Zambrano, Z. M., Quintanar, G. D., González, R. R., Rojas, M. A., & Espinosa, A. D. (2013). Effect of processing conditions on the production of nixtamalized corn flours by the traditional method. *Journal of Food*, 11: 46–53.
- Méndez, M. G., García, S. F., Paredes, L.O., & Bello, P. L. (2008). Effect of nixtamalization on morphological and rheological characteristics of maize starch. *Journal of Cereal Science*. 48:420-425.
- Mendoza, J. R. & Bianchini, A. (2021). Efecto de la nixtamalización en maíz contaminado con micotoxinas. *Food Science & Technology*.
- Ravelo, A. A., Rubio, A. C., Gutiérrez, F. A. J., & Hardisson De la Torre, A. (2011). La Ocratoxina A en alimentos de consumo humano: revisión. *Nutrición Hospitalaria*, 26: 1215-1226.
- Santillán, M. R., Rodríguez, A. G., Fernández P. S., Vázquez, M. G., Montero, C. J. & Benítez, M. J. (2017). Micotoxinas: ¿Qué son y cómo afectan a la salud pública? *Revista Digital Universitaria*, 18: 6.

# DESCRIPCIÓN MORFOMÉTRICA DE PLANTAS DE SORGO (*SORGHUM BICOLOR* L. MOENCH) EN ETAPAS INICIALES

*Uriel Felipe Tecomulapa Hernández<sup>1\*</sup>, José Francisco Díaz Nájera<sup>2\*</sup>, Sergio Ayvar Serna<sup>2</sup>,  
Edgar Jesús Delgado Núñez<sup>2</sup>, Cecilia Carranza Procopio*

<sup>1</sup>Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero. [uriel.tecomulapa@csaegro.edu.mx](mailto:uriel.tecomulapa@csaegro.edu.mx),

<sup>2</sup>Universidad Autónoma de Guerrero. [francisco.najera@csaegro.edu.mx](mailto:francisco.najera@csaegro.edu.mx)

## Resumen

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es el quinto cultivo en importancia entre los cereales del mundo después del trigo, maíz, arroz y la cebada, el cultivo se adapta a una amplia gama de ambientes y produce grano bajo condiciones desfavorables para la mayoría de los otros cereales. El objetivo de la presente investigación fue evaluar las variables morfométricas asociadas al crecimiento, (PBS) en genotipos de sorgo. Se trabajó con 30 contenedores de poliestireno donde se realizó la siembra para el experimento y estos fueron colocados de acuerdo con un diseño experimental completamente al azar. Los resultados obtenidos indicaron que las variables, diámetro del cuello, número de hojas y altura de los genotipos Icaro, Fortuna, Farmer, Argos y NYX exhibieron afectaciones estadísticamente, con excepción del peso seco de la biomasa.

**Palabras clave:** Mediciones, variables, peso seco de la biomasa.

---

## Antecedentes

El sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) es el quinto cultivo en importancia entre los cereales del mundo después del trigo (*Triticum aestivum* L.), maíz (*Zea mays* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) y la cebada (*Hordeum vulgare* L.), el cultivo se adapta a una amplia gama de ambientes y produce grano bajo condiciones desfavorables para la mayoría de los otros cereales (Villeda, 2014). El sorgo tropical (*Sorghum bicolor* L. Moench) presenta buena adaptabilidad y rendimientos aceptables, por lo que se le ha denominado “el cereal del siglo XXI”. La demanda de sorgo se encuentra fuertemente concentrada en países tales como: Estados Unidos de América, con una producción de 11,9 millones de toneladas (Mt) de grano, India (9,5 Mt), Nigeria (7,5 Mt) y México (6,4 Mt), que se consideran como productores líderes (Pérez *et al.*, 2010).

## Objetivo

El objetivo de la presente investigación fue evaluar las variables morfométricas asociadas al crecimiento, como diámetro del cuello del tallo, número de hojas, altura y peso seco de la biomasa (PBS) en genotipos de sorgo.

## Parte experimental

El presente experimento se llevó a cabo el día 25 de febrero del 2022 y concluyó el 29 de marzo del mismo año, en la ciudad de Iguala de la Independencia Gro. Ubicada entre los paralelos 18 ° 13” y 18 ° y 27” N y entre los 99 ° 29” y 99 ° y 42” W, respecto del meridiano de Greenwich, con temperatura media anual de 37 °C y 23 °C (Inafed, 2022). En el presente experimento se utilizaron semillas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) de los genotipos, Farmer, Icaro, Fortuna, Argos y NYX. Para la realización del experimento se trabajó con 30 contenedores de poliestireno expandible con capacidad de 1 L, los cuales fueron llenados con una mezcla de 3 partes de tierra lama por una parte de composta, en cada contenedor se colocaron 3 semillas a una profundidad de 1 cm aproximadamente, posteriormente se humedeció el sustrato y a continuación se colocaron a la luz solar para que las semillas pudieran germinar, los tratamientos fueron distribuidos de acuerdo a un diseño experimental completamente al azar, aproximadamente a los 3 días las plántulas empezaron a emerger, 4 días después de la emergencia se iniciaron las evaluaciones de las variables, para medir el diámetro

del cuello del tallo se utilizó un vernier, para el conteo de número de hojas solo se observó detalladamente para la contabilización de ellas, para medir la altura se utilizó una regla graduada de 30 cm, y para la obtención del PBS se utilizó una báscula que da los resultados en gramos, estas evaluaciones se hicieron en intervalos de cada 4 días hasta obtener nuestras 4 evaluaciones, después con los datos obtenidos se realizó el análisis de regresión lineal, un análisis de varianza y una prueba de medidas con el método Tukey.

## Resultados y discusión

En el diámetro del cuello de plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench), los valores promedios exhibieron diferencias altamente significativas en el primer muestreo ( $p=0.0013$ ) siendo el germoplasma Fortuna el más sobresaliente con un promedio de 0.18 cm y en el segundo y tercer muestro los promedios obtenidos exhibieron diferencias no significativas ( $p=0.6820$  y  $0.0868$ ) (Cuadro 1). En cuanto a número de hojas los valores promedios exhibieron diferencias no significativas en el primer y segundo muestreo ( $p=0.1295$  y  $0.3157$ ) mientras que en el tercer muestreo presentaron diferencias altamente significativas ( $p\leq 0.0013$ ) siendo Fortuna y NYX los genotipos más sobresalientes con 6.00 NH (Cuadro 2). En la medición de altura los valores promedios exhibieron diferencias no significativas en el primer y segundo muestreo ( $p=0.3718$  y  $0.2809$ ) en cuanto al tercer muestreo los resultados exhibieron diferencias altamente significativas ( $p\leq 0.0001$ ) el genotipo más sobresaliente fue Fortuna con 16.33 cm (Cuadro 3). En cuanto al PBS los valores promedios exhibieron diferencias no significativas debido a que todos los tratamientos exhibieron valores promedios muy similares entre ellos (Cuadro 4). Se realizó una comparación con la investigación de “Índice SPAD, nitratos y rendimiento en sorgo en respuesta al suministro de nitrógeno” realizada por Macías *et al.* (2021) donde se analizó la altura, diámetro y número de hojas de plantas de sorgo de la variedad Pioneer 82G63, se obtuvieron resultados muy diferentes a los datos obtenidos en nuestro experimento, los datos de Macías *et al* en altura de plantas de sorgo variaban de 98 cm a 118 cm mientras que en nuestro experimento la altura fue de medias que variaban de 2.33 cm la mínima está en el primer muestre y 16.33 cm la máxima en el tercer muestreo, en cuanto diámetro Macías *et al* obtuvo datos que variaban de 10.2 mm a 19.8 mm y mientras que en nuestro experimento el diámetro fue de medias que variaban de 0.10 mm la mínima está en el primer muestre y 0.65 mm la máxima y en cuanto a números de hojas Macías *et al*

obtuvo resultados donde todas las plantas tenían 11.2 NH, en nuestro experimento el NH mínimo en el primer muestreo fue de 3.00 NH y el máximo en el tercer muestro fue de 6.00 NH.

Cuadro1. Diámetro de cuello de plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench).

Trat	Genotipo	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
1	Icaro (Dulce)	0.17 a <sup>p</sup>	0.32 a	0.50 a
2	Fortuna	0.18 a	0.33 a	0.65 a
3	Farmer	0.10 b	0.32 a	0.58 a
4	Argos	0.10 b	0.28 a	0.57 a
5	NYX	0.13 ab	0.32a	0.63 a
Prob. (Pr> F)		0.0013**	0.6820 <sup>ns</sup>	0.0868 <sup>ns</sup>
DSH		0.06	0.10	0.16

<sup>p</sup>Valores de medidas con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferente (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ). DSH: diferencia significativa Honesta de Tukey.

Cuadro2. Número de hojas de plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench).

Trat	Genotipo	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
1	Icaro (Dulce)	3.17 a <sup>p</sup>	5.00 a	5.00 a
2	Fortuna	3.00 a	5.17 a	6.00 a
3	Farmer	3.50 a	4.83 a	5.50 ab
4	Argos	3.17 a	5.00 a	5.83 a
5	NYX	3.00 a	5.00 a	6.00 a
Prob. (Pr> F)		0.1295 <sup>ns</sup>	0.3157 <sup>ns</sup>	0.0013**
DSH		0.60	0.44	0.70

<sup>p</sup>Valores de medidas con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferente (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ). DSH: diferencia significativa Honesta de Tukey

Cuadro 3. Altura de plantasde sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench).

Trat	Genotipo	Muestreo 1
1	Icaro (Dulce)	2.92 a <sup>p</sup>
2	Fortuna	3.08 a
3	Farmer	2.33 a
4	Argos	2.50 a
5	NYX	3.50 a
Prob. (Pr> F)		0.3718 <sup>ns</sup>
DSH		1.83

<sup>p</sup>Valores de medidas con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferente (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ). DSH: diferencia significativa Honesta de Tukey.

Cuadro 4. Peso de la biomasa seca de plantas de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench).

Trat	Genotipo	Biomasa (peso seco de plantas de sorgo)
1	Icaro (Dulce)	2.18 a <sup>p</sup>
2	Fortuna	1.77 a
3	Farmer	1.98 a
4	Argos	2.39 a
5	NYX	2.22 a
Prob. (Pr> F)		0.3226 <sup>ns</sup>
DSH		0.89

<sup>p</sup>Valores de medidas con letras iguales en la misma columna no son estadísticamente diferente (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ). DSH: diferencia significativa Honesta de Tukey.

## Conclusiones

Se concluyó que las variables, diámetro del cuello, número de hojas y altura de los genotipos Icaro, Fortuna, Farmer, Argos y NYX exhibieron afectaciones estadísticamente, con excepción del peso seco de la biomasa (PBS).

## Agradecimientos

Al Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero, y la coordinación académica y extensión de la misma institución por a ver echo posible esta investigación.

## Referencias

- Inafed. 2022. Instituto Nacional para el federalismo y el desarrollo Municipal. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. Disponible en: <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM12guerrero/municipios/12035a.html>. Consultado: 05/03/2022.
- Mecías, D. R., Grijalva. C. R. L., Robles, C. F., Núñez, R. F., Cárdenas, S. V. A., Mendóza, P. C. 2021. Índice SPAD, nitratos y rendimiento en sorgo en respuesta al suministro de nitrógeno. *Agronomía Mesoamericana*. Vol. 32. No. 1, pp. 293-305. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/am.v32i1.39712>.
- Pérez, A., Saucedo, O., Iglesias, W., Wencomo, H. B., Reyes, F., Oquendo, G., Milán, I. 2010. Caracterización y potencialidad del grano de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). *Pastos y Forrajes*. Vol. 33. No. 1, pp 1-26. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=269119691001>.
- Villeda, C. D. A. 2014. Caracterización morfoagronómica de 15 accesiones de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) con bajo contenido de lignina. *INTSORMIL scientific publications*. 46. Disponible en: <http://digitalcommons.unl.edu/intsormilpubs/46>.

The background of the slide is a light gray field filled with a repeating pattern of wavy lines, triangles, and the equation  $E=mc^2$ . The wavy lines are composed of solid and dashed lines, and the triangles are shaded gray. The equation  $E=mc^2$  is scattered throughout the background. A solid blue vertical bar is on the left side, and a solid blue triangle is in the bottom right corner.

# CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y FÍSICO-MATEMÁTICAS

# DISEÑO Y SIMULACIÓN DE LA INTERFAZ GRÁFICA DEL SISTEMA DE CONTROL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA UTILIZANDO PANEL BUILDER Y WONDERWARE

*Armando Flores Jaime, Zósimo Ismael Bautista Bautista, Luis Fernando Cardoso Reyes*

*Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, [afloresj@ipn.mx](mailto:afloresj@ipn.mx), [zbautista@ipn.mx](mailto:zbautista@ipn.mx), [lcardoso@ipn.mx](mailto:lcardoso@ipn.mx)*

## Resumen

En este trabajo se presenta el diseño y la simulación de la interfaz gráfica del sistema de control de una planta de tratamiento de agua utilizando el software Panel Builder. Las pantallas gráficas se implementan con el software Wonderware InTouch para el cuarto de control, donde se monitorea la planta en su totalidad, ya que dentro de esta hay diversos procesos en los cuales es necesaria la supervisión y monitoreo continuo. Wonderware InTouch es la Interfaz Hombre-Máquina (HMI) y software de visualización de procesos más avanzados. Y para esta aplicación ofrece una innovación en, gráficos brillantes, la máxima facilidad de uso. Wonderware InTouch es la tecnología gráfica más sofisticada del mercado para visualización de procesos. Se implementa un sistema de visualización de pantallas que hacen posible un monitoreo en tiempo real, y de manera remota de la planta de tratamiento de agua.

**Palabras clave:** PLC, HMI, Monitoreo, Supervisión, Wonderware InTouch, Panel Builder.

---

## Antecedentes

Para la pantalla táctil 1000e y 1400e, el tamaño mínimo del objeto es de 40 por 40 píxeles, los objetos se pueden colocar en cualquier lugar. En Panel Builder, una rejilla puede ser visible para que pueda alinear objetos de la pantalla. Células táctiles se agrupan para crear diferentes tipos y tamaños de botones. Se pueden activar las funciones de entrada al tocar el objeto apropiado en la terminal y se puede configurar el terminal para que suene cuando un toque celular se presiona. Los elementos que componen el sistema de control son: los tableros principales que cuentan con indicadores de corriente para detectar si los elementos están en operación que son poco visibles, temporizadores que pueden ser modificados de forma indeseada con facilidad. Integra un Controlador de temperatura XMTD-818: Dispositivo con ajuste de SP y visualización de temperatura actual, un contacto NO y un contacto NC, compatible con termopares y RTD. Pastillas termo magnéticas de 30A trifásicas y monofásicas para circuitos de fuerza y control. Relevadores electromecánicos para activación o desactivación de motores o resistencias. Indicadores de corriente para la verificación del funcionamiento. Botones independientes de resistencias y motores con enclave de paro y arranque, así como Temporizadores. embargo, es importante mencionar que a pesar de que los tableros son funcionales no cuentan con un controlador principal como un PLC. Por tal motivo se desarrolla la implementación de la automatización del proceso con tecnologías recientes.

## Objetivo

Desarrollar e implementar la interfaz gráfica para el monitoreo y control de una planta de tratamiento de agua, se diseña la HMI mediante el software PanelBuilder y Wonderware InTouch para controlar las variables que intervienen en el control de proceso de la planta de tratamiento de agua.

## Parte experimental

En esta sección se muestran los resultados que se obtienen de la HMI mediante el software Panel Builder; en la Figura 1 se muestra el menú principal de la HMI donde el usuario se puede desplazar para controlar y monitorear las distintas etapas del proceso, al realizar esta pantalla, **únicamente** se crearon botones con el nombre de cada

etapa a controlar/monitorear, los cuales nos ligan a subsecuentes pantallas donde se observan los datos a evaluar.



Figura 1. Menú principal de la HMI

En la Figura 2 se muestran los filtros FM01-PL y FM02-PL, los cuales cuentan con switch de nivel LS07 y LS08, la entrada del lodo a estos se controla mediante las válvulas SV-17 y SV-18 para el primer filtro y las válvulas SV-24 y SV-25 para el segundo, la descarga de los filtros para el retro lavado se realiza por medio de otras 2 válvulas para cada filtro (SV-15, SV-16, SV-22 y V-23), el líquido obtenido través de estos filtros es dirigido hacia la descarga de la fosa de agua tratada. Aquí solamente se puede observar el estado de los sensores de nivel y de las válvulas, mostrándose con letras rojas cuando se encuentran inactivos y letras verdes para el estado activo, en la parte inferior se muestran dos botones, con los cuales se puede habilitar/deshabilitar dicho filtro.

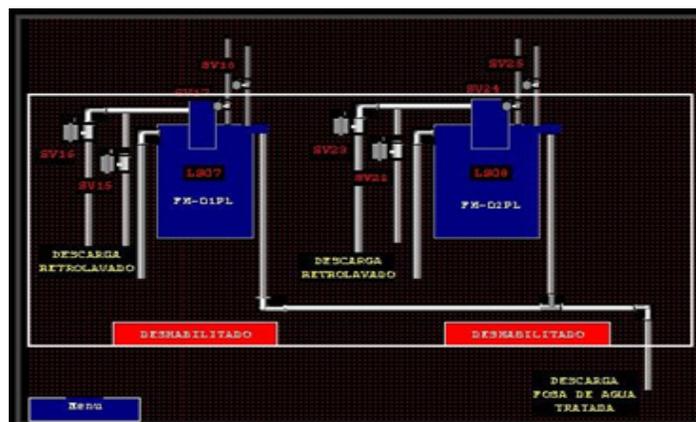


Figura 2. Pantalla HMI: Filtros

En la Figura 3 se muestra que el fluido proveniente del DAF es dirigido hacia el clarificador, primeramente siendo neutralizado para llegar a la floculación, en la pantalla realizada para la HMI se está monitoreando dicho PH, una vez estabilizado, pasa el fluido al clarificador de placas inclinadas donde se observa el nivel de dicho clarificador, en forma de una gráfica de barra, como en metros; a través de la pantalla se puede ejercer control sobre diversos motores y válvulas, el motor MX03PL es para la etapa de estabilización, el MX04PL para el mezclado rápido, MX05PL para la floculación y el RD03PL para el clarificador como tal; una vez terminado este proceso los lodos sólidos son enviados hacia el espesador de lodos, para esto ejercemos control sobre dos válvulas de posición, las cuales pueden ser operadas de dos formas: manual (arranque/paro) y automática, el líquido restante es enviado tanto a la fosa de agua tratada como al filtro arena. De igual forma es lo mismo para el clarificador 2 con sus respectivos instrumentos.

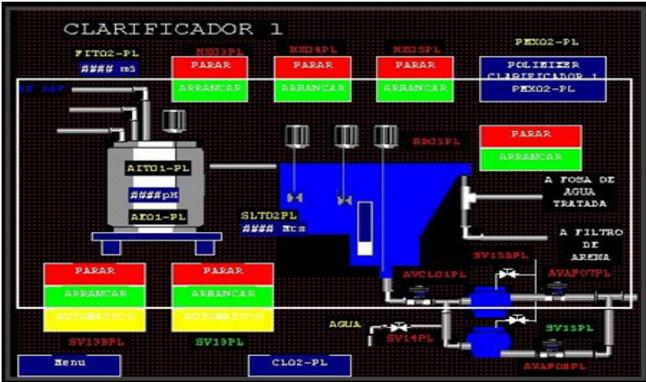


Figura 3. Pantalla HMI: Clarificador

En la pantalla correspondiente al filtro prensa, como se muestra en la Figura 4, se ejerce control sobre las válvulas que permiten paso al flujo del espesador de lodos ST01-PL al filtro prensa, así como de las válvulas para retornar el líquido obtenido hacia la fosa de agua tratada y la fosa de equalización; las bombas AVP11-PL y AV12-PL solo son monitoreadas si están activas o desactivadas.

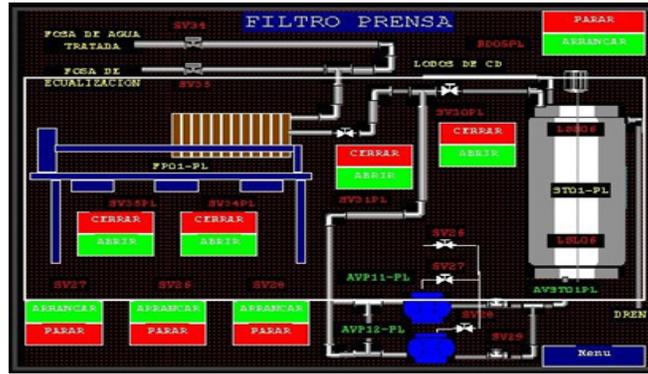


Figura 4. Pantalla HMI: Filtro prensa

La Figura 5 nos muestra los cuatro Polimixers del proceso, dos de ellos abastecen a los floculadores y los restantes a los clarificadores, desde esta pantalla se puede controlar la forma de operar de cada Polimixer, ya sea manual o automática, se puede observar si el nivel de estos es crítico y el estado de sus respectivas válvulas y motores.

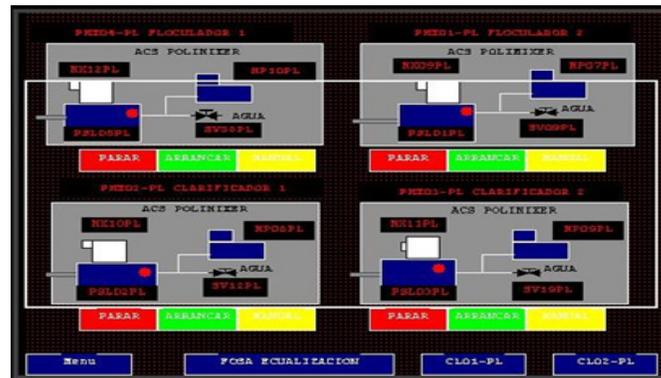


Figura 5. Pantalla HMI: Polimixers

La Figura 6 nos muestra la pantalla del tanque de aire disuelto que indica el estado de las válvulas tanto a la entrada como a la salida de este, aquí se pueden monitorear las bombas CP02BPL y CP02APL, se muestra su estado, si están activas, la presión a la que trabajan y la frecuencia.

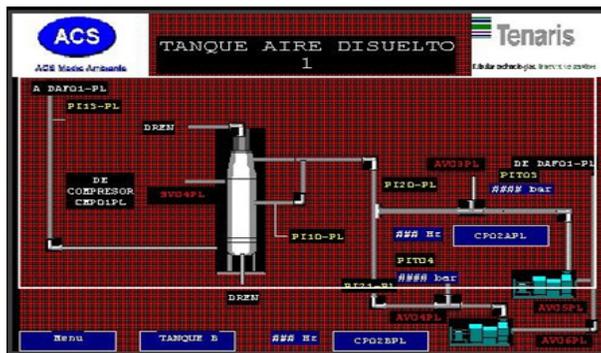


Figura 6. Pantalla HMI: Tanque de aire disuelto

Lo que respecta a los tanques de químicos, tanto de hidróxido de sodio como de cloruro férrico, las pantallas son similares, solo cambian las válvulas y motores, como se muestra en la Figura 7, se observa que se tienen 3 mezcladores los cuales se acciona su paro y arranque así como su capacidad de trabajo a nivel porcentual, ingresada por el usuario, la dosificación es otro factor que se controla por medio de esta pantalla, en control del PH juega un papel muy importante para la etapa de neutralización, por esa razón se debe establecer a qué nivel de PH se debe activar y desactivar el tanque de hidróxido de sodio, así como estar teniendo una lectura constante de este.

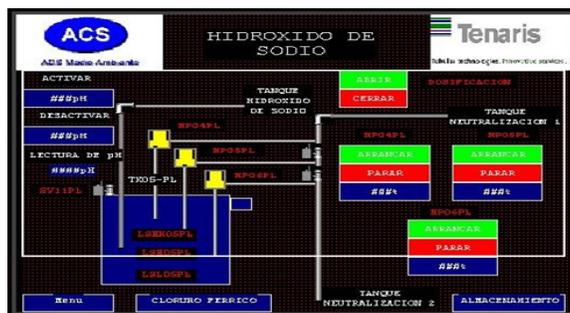


Figura 7. Pantalla HMI: Hidróxido de sodio

La **última** pantalla como se muestra en la Figura 8, nos despliega los motores que intervienen en el proceso, donde podemos controlar su arranque, paro y verificar el estado en que se encuentran o si presentan algún fallo.



Figura 8. Pantalla HMI: Estado de motores

## Resultados

Las pantallas realizadas con este software se encuentran montadas en el cuarto de control, donde se monitorea la planta en su totalidad, ya que dentro de esta hay diversos procesos en los cuales es necesaria la supervisión y monitoreo continuo. La Figura 9 nos muestra la pantalla correspondiente a los hidrociclones, en los cuales ingresan los lodos provenientes de la alimentación de agua del circuito directo, en el proceso contamos con 4 trenes de hidrociclones, cada uno cuenta con 6 de estos en serie, los trenes se encuentran en forma paralela, en esta figura solo se aprecian dos trenes, el acceso de lodo a cada tren es controlado mediante una válvula, así como el ingreso a cada hidrociclón, de igual forma es controlada la salida de cada tren, para ser enviado el fluido hacia la fosa de agua tratada y el espesador de lodos.

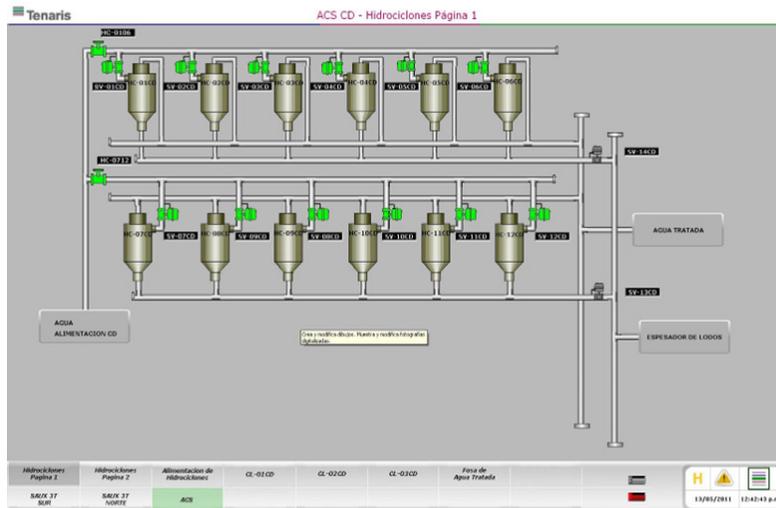


Figura 9. Wonderware: Hidrociclones

En la Figura 10 se muestra el control sobre una válvula tipo PID, para permitir el ingreso de los lodos provenientes del circuito directo hacia los hidrociclones, además se cuenta con un transmisor de flujo y uno de turbidez, esta etapa puede ser controlada de forma automática (por una secuencia programada por el PLC), o manual (el usuario ingresando el valor del Set-Point).

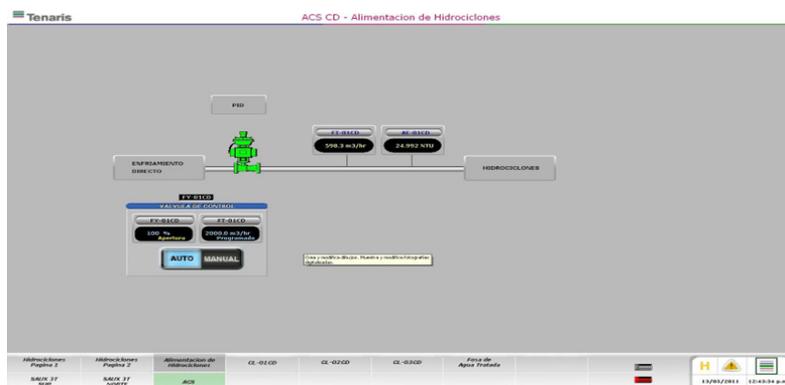


Figura 10. Wonderware: Alimentación de hidrociclones

La fosa de agua tratada se controla a través de la pantalla mostrada en la Figura 11, esta se llena mediante el fluido proveniente de los hidrociclones controlando el flujo mediante un sensor y una válvula PID, la fosa nos manda una alarma cuando esta se encuentra en un nivel alto o bajo por medio de dos transmisores.

A su vez nos muestra en una gráfica de barra el nivel de esta, así como en un display digital, la fosa cuenta con tres bombas para llevar el agua hacia la torre de enfriamiento, de las tres bombas solo una debe estar activa a no ser que sea demasiado el flujo y la frecuencia de trabajo de esta, se accionara la segunda, para dividir la carga y no forzar las bombas, la tercera solo se encuentra de forma redundante en caso de falla de alguna, nunca deben de estar las tres en operación. En la parte inferior de la pantalla se muestran unas ventanas para estar monitoreando la forma de operación de las bombas, y en la parte inferior derecha la selección de la forma de operar, así como los ajustes de los niveles a los cuales deben operar, y un botón para reiniciar las alarmas.

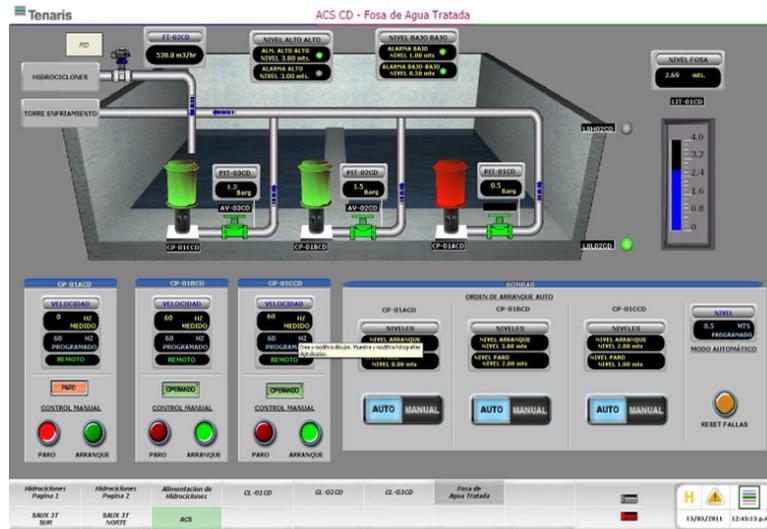


Figura 11. Wonderware: Fosa de agua tratada

La pantalla referente a la fosa de equalización, como se muestra en la Figura 12 es similar a la de agua tratada, se tienen sensores para monitorear los niveles de esta, mostrándolos de forma de barra y digital, así como sus respectivas alarmas de nivel bajo y alto, el control y monitoreo de sus bombas y mezcladores.

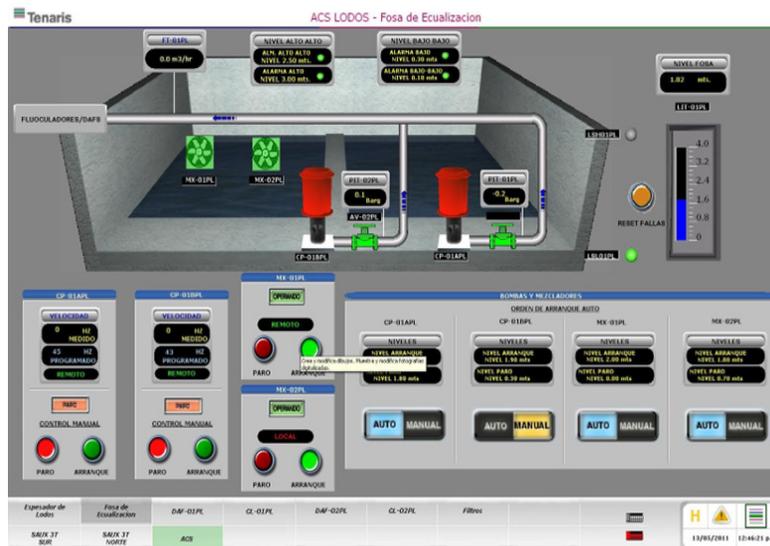


Figura 12. Wonderware: Fosa de equalización

En la Figura 13 se muestra la pantalla referente al clarificador DAF, por medio de esta se monitorea y controla el ingreso de los lodos al clarificador DAF por medio de dos bombas de las cuales se puede observar su estado, los lodos antes de ingresar al clarificador DAF pasan por el tanque de aire disuelto, una vez dentro del clarificador se controla un mezclador y se monitorea la presión, los sólidos obtenidos son enviados al tanque de sólidos y el líquido restante pasa a al tanque de neutralización. En el proceso contamos con dos clarificadores DAF, la forma de operar es similar, solamente cambian los tags de los instrumentos.

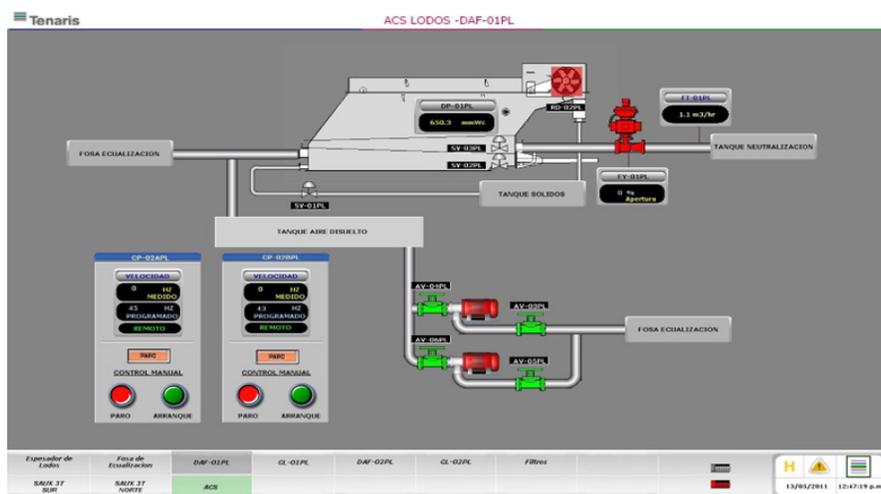


Figura 13. Wonderware: Clarificador DAF

Una vez completada la etapa en el clarificador DAF, los lodos son enviados a la neutralización para ingresar posteriormente a un clarificador de placas inclinadas, ambas secciones se pueden observar en la Figura 14, en esta se aprecia que para la neutralización intervienen los tanques de químicos, los cuales se controla su flujo por medio de bombas y se les monitorea el nivel por medio de switch, del tanque de neutralización se transmite información del PH de los lodos al controlador para que este ejerza el control correspondiente, una vez los lodos en el clarificador de placas inclinadas, los sólidos de estos son enviados al fondo, para trasladarlos al espesador de lodos, el agua filtrada se manda al filtro arena. Dentro del clarificador se cuenta con 3 mezcladores y un sensor de nivel.

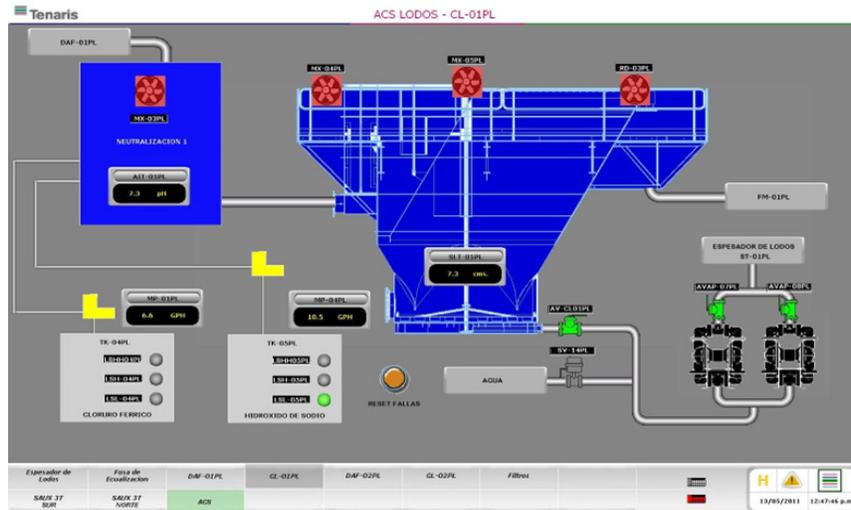


Figura 14. Wonderware: Neutralización y clarificador

En los filtros arena solamente se controla en ingreso de los lodos mediante dos válvulas, existen otras dos para el ingreso de aire para el retro lavado, se cuenta con un sensor de nivel en cada filtro, y con un indicador tipo led, que nos da el estado del filtro, la etapa de los filtros arena se muestra en la pantalla de la Figura 15.

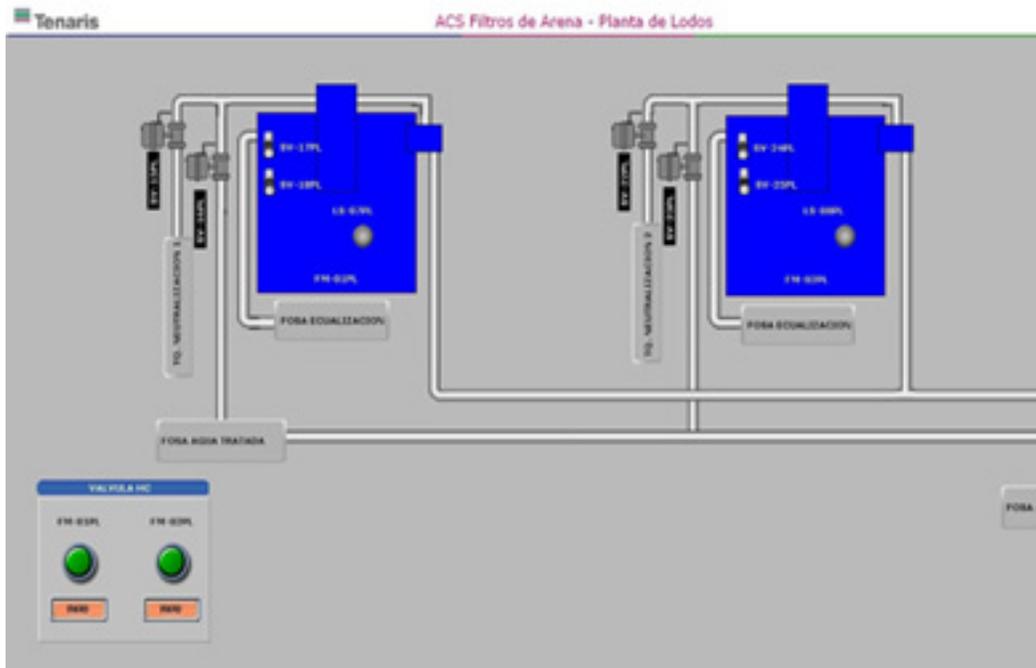


Figura 15. Wonderware: Filtros arena

## Conclusiones

Se realizaron pruebas dentro de la planta de tratamiento de aguas, se verificó el funcionamiento de cada una de las pantallas en campo, además de los elementos integrados en el gabinete de control. Se concluye que la implementación de las Interfases Gráficas con Panel Builder y Wonderware son necesarias como herramientas de ingeniería para el monitoreo en los procesos de manufactura y control de procesos. Son de vital importancia en la industria, ya que registran el comportamiento de las variables del proceso en tiempo real, se realiza la adquisición de datos y el control supervisorio, generando las estadísticas y sinópticos para que el operador, técnico, o ingeniero de planta supervise continuamente el proceso y tome las decisiones pertinentes.

## Referencias

- Cortina Domínguez C. F. Márquez Ortiz R. (2008). Alternativa de tratamiento de aguas residuales de la industria textil.
- Aguilar Basurto F. A., Velázquez González J. G., Santillán Urvieta A., Moreno Quiroz G. A. (2008). Automatización de un sistema de tratamiento de agua jabonosa.
- Smith C. A., Corripio A. B. (1991). Control automático de procesos: teoría y práctica. Editores Noriega.
- Mandado Pérez E., Acevedo J. M., Fernández Silva C., Armesto Quiroga I., Rivas López J. L., Núñez Ortuño J. M., (2018) Autómatas programables y sistemas de automatización. Ed. Marcombo.
- Laughton M. A, Warne D. J., (2003), Electrical Engineer's Reference book. s.l.: Chapter 16 Programmable Controller. Newnes.

# DISPOSITIVOS INTELIGENTES PARA UNA FORMA DE ENSEÑANZA HÍBRIDA EN INGENIERIA ELÉCTRICA

*Ángel Isaías Lima Gómez<sup>1</sup>, Aldo Azael Oropeza González, Roberto Herrera Martínez, Elian Jesús Aguilar Víquez, Erika Denisse Cruz Martínez*

<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM [ligaz@comunidad.unam.mx](mailto:ligaz@comunidad.unam.mx)

## Resumen

La permanente incorporación de innovaciones en la educación presencial, tanto en la actividad docente como en los recursos de aprendizaje, ha ido transformando a la educación tradicional. En este largo camino, ha ido cambiando su propio funcionamiento al ir introduciendo múltiples avances como prácticas, recursos de aprendizaje, pedagogías, etc., pero es con la digitalización que se produce una transformación radical del tipo de innovaciones y de cómo se reorganizan las innovaciones previas a los entornos de la enseñanza.

La educación ha pasado de una dinámica de enseñanza-aprendizaje unimodal, centrada en la actividad presencial catedrática, a una diversidad de formas complementarias de aprendizaje. Ello se produjo primero al incorporar las actividades prácticas o los modelos duales con separación de tiempo y lugar (teoría y práctica) y, al agregar el autoaprendizaje fuera del aula, en un lugar específico incluso como las bibliotecas.

Bajo este contexto el uso de relevadores inteligentes en ingeniería eléctrica puede ser utilizados de forma eficaz tanto presencial o a distancia y obtener el mejor aprendizaje significativo de los estudiantes, los relevadores inteligentes es un ejemplo claro de este ejercicio de enseñanza híbrida pues nos da la oportunidad de demostrar su eficacia tanto presencial o por medio de software de simulación y programación vía distancia, siendo un ejemplo claro de la educación multimodal.

**Palabras clave:** Educación multimodal, relevadores inteligentes, enseñanza híbrida y software de simulación

## Antecedentes

La pandemia al imponer una distancia física en los sistemas educativos, y especialmente en los niveles de educación superior, impulsó nuevos procesos educativos al promover un traslado desde la educación presencial tradicional hacia nuevas formas de educación mediadas por internet y con ello a una educación híbrida al ampliarla diversidad de formas digitales de acceso a la educación. Tal proceso se produjo gracias a la generalización de aplicaciones que permiten una educación virtual sincrónica a través de internet, que aumentan opciones en la educación a distancia y, por ende, las multimodalidades en la educación digital; sentando las bases de un nuevo modelo educativo de carácter híbrido como formato derivado de las tendencias en curso a una sociedad digital y de la diferenciación de modalidades digitales. Ello reforzó tendencias existentes hacia la diferenciación e individualización de la educación con mayor empuje hacia la educación digital. Esta macro-tendencia se refuerza ya no solo por costos o prestaciones, sino en un escenario monopólico, pero también por el avance de un nuevo paradigma educativo. En el presente trabajo, se busca analizar desde diferentes vertientes el impulso de la aplicación de utilizar equipos eléctricos inteligentes, desde los formatos de enseñanza presenciales a los formatos de enseñanza digitales, que en este contexto asumen formas donde se combinan lo sincrónico y lo asincrónico en entornos digitales y que definimos como híbrida.

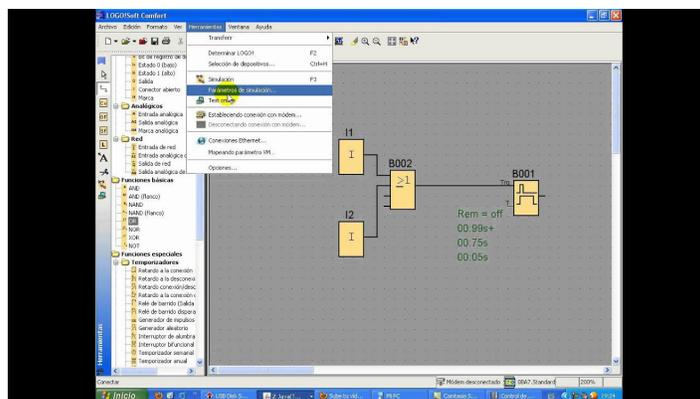


Figura 1. Programación en bloques en logo soft.

La Taxonomía de Bloom es un sistema de clasificación educativa que contribuye a establecer niveles cognitivos a los procesos de enseñanza–aprendizaje, figura 2. Estos niveles cognitivos son: conocimiento, comprensión, aplicación, análisis, diseño, síntesis,

sis y evaluación. Tomando como base esta taxonomía se establece un orden de cómo programar relevadores inteligentes para sus diversas aplicaciones, ya sea en la industria, transporte, invernaderos, hogar entre otros. En primera instancia, se necesita conocer y comprender el principio de funcionamiento de los dispositivos y periféricos de los relevadores inteligentes, herramientas e instrumentos a los que se hacen referencia en su campo laboral. Esto permitirá pasar al siguiente nivel, que consiste en saber dónde, cómo y cuándo se pueden aplicar los dispositivos mencionados en los procesos a automatizar. En esta fase las investigaciones son importantes, desde consultar libros, publicaciones y manuales de los diversos fabricantes de los relevadores inteligentes, hasta conocer las consideraciones que debe cubrir con respecto al proceso que vaya a automatizar. Las competencias que se deben desarrollar en esta fase permiten conocer los siguientes parámetros: instrumentación a utilizar, que elementos conforman un sistema automática con relevadores inteligentes, características del sistema eléctrico, principio de operación de electrónica digital y uso de lenguajes de programación de los relevadores inteligentes.



**Figura 2.** *Taxonomía de Bloom.*

## Objetivos

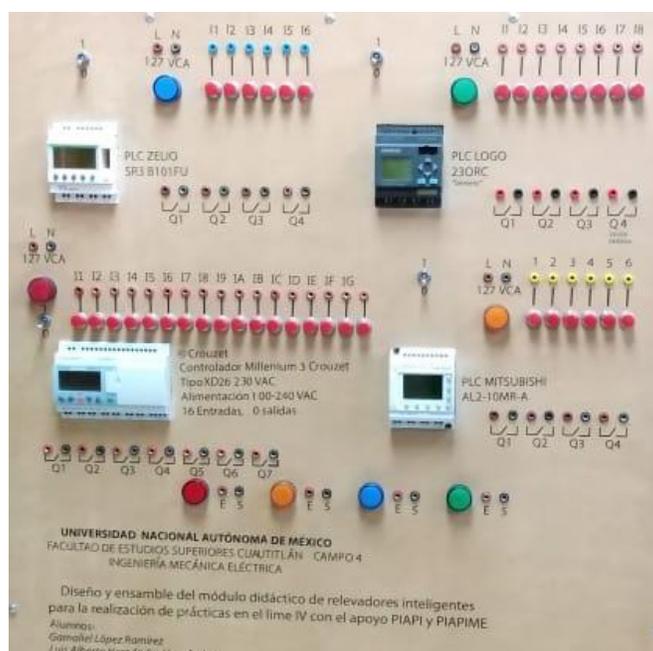
Formular el uso de prácticas híbridas con uso de logo soft.

Programar con Relevadores Inteligentes presencial o a distancia.

Mostrar el uso de Relevadores Inteligentes en los laboratorios de Ingeniería eléctrica.

## Parte teórico-experimental

Un relevador inteligente o micro PLC (controlador lógico programable), figura 3, está diseñado para cumplir con la ejecución de secuencias lógicas y secuenciales programables para sistemas que requieren de automatización, volviéndolo un equipo con indeterminadas aplicaciones que se desarrollan dentro de la industria, universidades y hasta en el hogar. Entre sus usos más populares se encuentran el control de flujo, nivel, temperatura y presión, parámetros importantes a mantener dentro de la industria para la eliminación de fallos en el producto de salida.



**Figura 3.** *Módulo de Relevadores Inteligentes del LIME IV.*

Otro uso popular es la domótica, la cual se encarga de proporcionar comodidad, seguridad, calidad del servicio eléctrico, ahorro de energía, contribuyendo a un ahorro económico que se refleja a mediano o largo plazo tanto en residencias, industrias u oficinas. Actualmente las TIC y la implementación de nuevas tecnologías facilitan la programación e instalación de relevadores inteligentes en procesos industriales que requieran ser automatizados.

Dentro de los equipos que se encuentran en el LIME IV de la facultad de estudios superiores Cuautitlán es un módulo didáctico compuesto de relevadores inteligentes adaptado para uso didáctico para el alambrado de los circuitos que se propongan en

los cursos o prácticas de la sección eléctrica, se empezó a realizar prácticas enfocadas a realizar de forma presencial y a distancia a través de un manual diseñado por los estudiantes de ingeniería mecánica eléctrica.

Una gran ventaja de utilizar estos equipos es el poder trabajar en su programación y análisis ya sea de forma presencial con el uso de software o a distancia donde se puede trabajar y obtener los mismos aprendizajes significativos pues las características de enseñanza se asemejan por las aplicaciones de las herramientas de las TIC'S que estos equipos nos ofrecen y dan para utilizar. En la figura 4 se muestran alumnos de IME realizando alambrado en módulo de relevadores inteligentes.



**Figura 4.** Alumnos de IME realizando alambrado en módulo de relevadores inteligentes.

Parte del análisis y muestreo de los resultados que se obtuvieron fue realizar los diagramas de bloques y escalera de forma presencial y a distancia con clases síncronas y asíncronas con un grupo de trabajo obteniendo resultados muy favorables de aprendizaje significativo de los alumnos, logrando reafirmar los temas vistos con el alambrado y ejecución de los diagramas en forma presencial. En la figura 5 se muestra la realización de ejercicios teóricos prácticos.

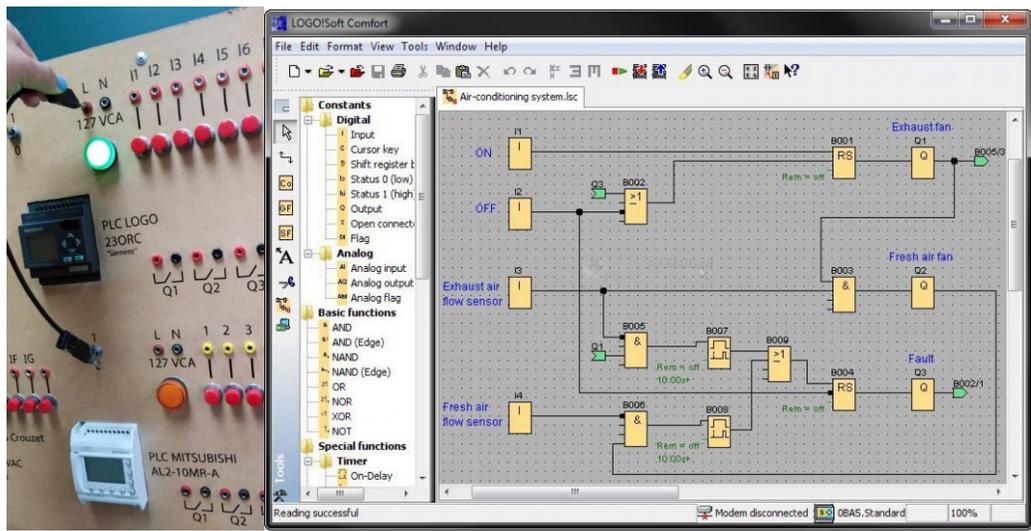


Figura 5. Realización de ejercicios teóricos-prácticos.

## Resultados y discusión

Se generaron cursos a distancia y presenciales con relevadores inteligentes obteniendo gran respuesta y rompiendo las barreras de la distancia y espacios de trabajo. En la figura 6 se muestra un curso síncrono de relevadores inteligentes.

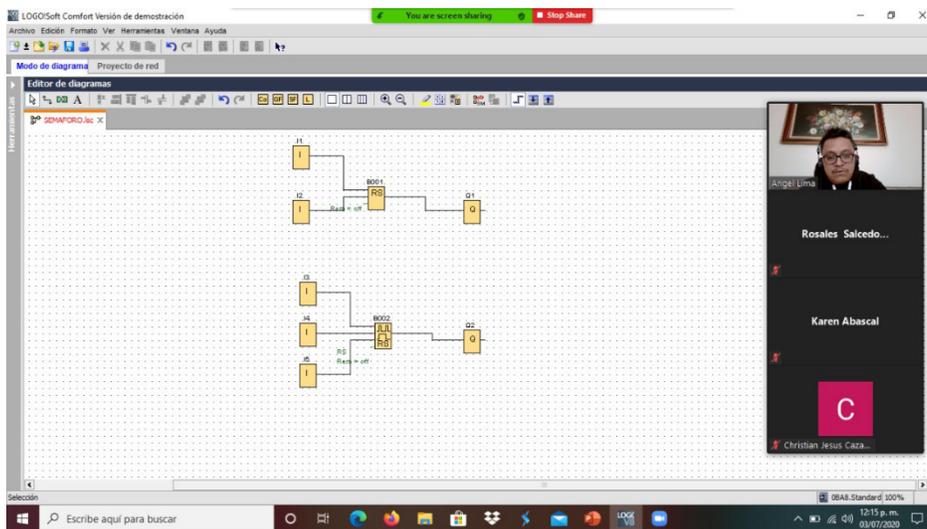
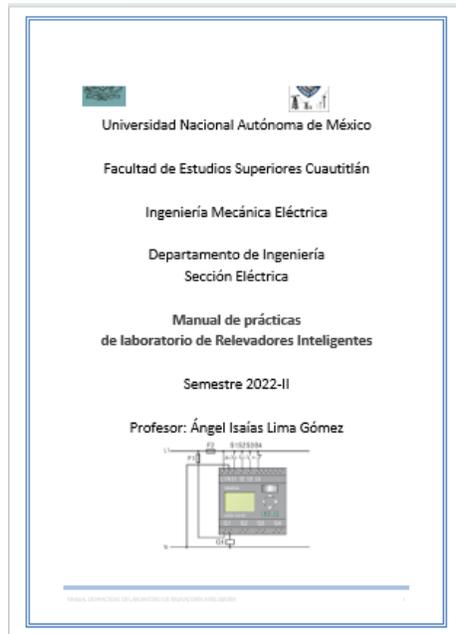


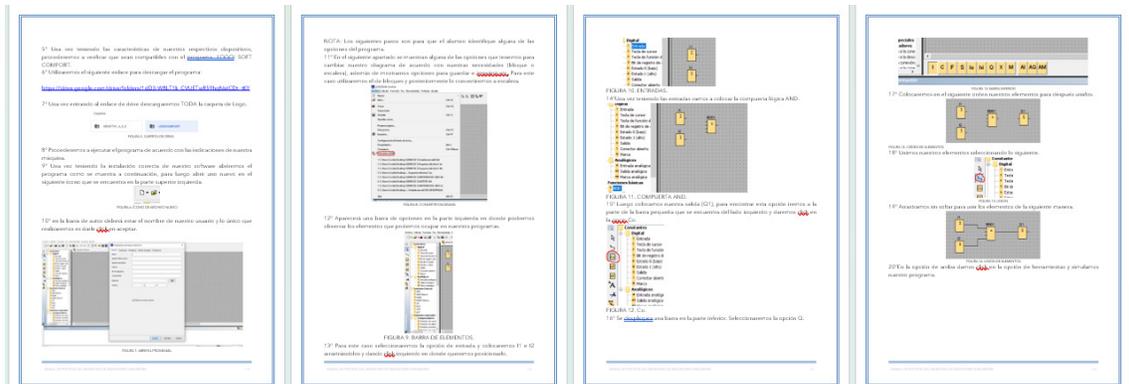
Figura 6. Curso síncrono de relevadores inteligentes.

Reunir prácticas con los relevadores inteligentes para la sección eléctrica.



**Figura 7.** Manual de prácticas con relevadores Inteligentes

Desarrollar trabajos de titulación por apoyo a la docencia, para alumnos de la carrera de ingeniero mecánico electricista con los manuales generados, como se muestra en la figura 7. Tener herramientas para formular las prácticas ya sean presenciales o a distancia. Incluir los relevadores inteligentes en el laboratorio de eléctrica. Formar alumnos en el uso de las TIC. En la figura 8 se muestran “Prácticas con logo soft” y en la figura 9 se muestra una Estudiante de IME realizando las prácticas



**Figura 8.** Prácticas con logo soft.



**Figura 9.** *Estudiante de IME realizando las prácticas.*

## Conclusiones

Con el uso de los relevadores inteligentes los alumnos de IME han podido desarrollar un manual de prácticas que podrá ser utilizado ya sea a distancia o presencial en la carrera de ingeniero mecánico electricista. Los alumnos aprenden, utilizan y aplican las TIC'S en los laboratorios del área eléctrica. Generación de trabajos de titulación por apoyo a la docencia. Se estructuran cursos para la comunidad de IME y áreas afines a la programación y automatización de relevadores inteligentes. Creación de material didáctico y colocación en páginas WEB, para consulta de la comunidad estudiantil

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNAM-DGAPA por el financiamiento del proyecto PIA-PIME 1.31.27.22, PAPIME PE100221 y PAPIME PE105822.

## Referencias

Araujo U., Sastre G. (2008). *El aprendizaje basado en problemas. Una nueva perspectiva de la enseñanza en la universidad*. Barcelona: Gedisa.

Córdoba-Escobedo J. F., Trejo-Molina F. de J., Salmerón-Ortiz M. R., Mendoza-González F. (2019), *Metodología para programar procesos con relevadores inteligentes*. Revista del Desarrollo Tecnológico.

<https://www.automation.siemens.com/sce-static/learning-training-documents/additional/logo/sce-900-011-startup-logo-0ba8-r1603-es.pdf>

<https://drive.google.com/drive/folders/1fNg-iI-lJYmcfa55DCH-gy8YKbyKg6-->

<https://drive.google.com/drive/folders/1hu19jDY2t1kjGm7XORfg5Z3ipjhTVw32>

<https://virtual.cuautitlan.unam.mx/intar/ime/manual-de-practicas-del-laboratorio-de-relevadores-inteligentes/>

<https://masam.cuautitlan.unam.mx/dycme/ce/manual-de-practicas-de-laboratorio-de-relevadores-inteligentes/>

# PROCESO DE JERARQUÍA ANALÍTICA DIFUSA DE LA FAHP PARA LA TOMA DE DECISIONES CONFIABLES SOBRE EL SUMINISTRO DE ENERGÍA EN ÁREAS RURALES NO INTERCONECTADAS EN LA REGIÓN DEL CARIBE COLOMBIANO

*Christian Manuel Moreno Rocha*

*Universidad de la Costa CUC, Barranquilla, Atlántico Colombia, [cmoreno7@cuc.edu.co](mailto:cmoreno7@cuc.edu.co)*

## **Resumen**

En el desarrollo de esta investigación se analiza y estudia la implementación de energías renovables de escala rural o zonas no interconectadas, principalmente se analizan 6 alternativas o tecnologías que usan estos recursos renovables en la region caribe de Colombia. En el desarrollo de este estudio se evalúan tecnologías de energías renovables, estas serán comparadas entre ellas, teniendo en cuenta los recursos renovables que posee la zona de estudio. Se propone la implementación de una metodología multicriterio (MCDM), que ayude en la mejor selección, la metodología seleccionada es aplicado al uso de energías renovables en espacios rurales y zonas no interconectada a la red, ya que es uno de los métodos más utilizados dentro de un proceso de mejor elección, al igual que para la toma de decisiones energéticas. Se aplica el Proceso Analítico Jerárquico Difuso (FAHP), cuyos datos son obtenidos por medio de una encuesta a un grupo de expertos, con la única finalidad de disminuir cualquier imprecisión por parte del decisor, además este método aplica lógica difusa para eliminar la indiferencia o subjetividad de los juicios entregados por los decisores. Esta investigación explica los resultados logrados mediante el uso de un nuevo sistema de apoyo a la decisión de criterios y subcriterios múltiples para ayudar a calcular la fuente de energía más apropiado de opciones de energía para proporcionar suficiente energía para satisfacer las demandas locales que mejoran los medios de vida. Los resultados obtenidos a partir

del desarrollo de la metodología FAHP, indican que la energía renovable más atractiva para la zona de estudio de esta investigación es la obtenida por medio de la energía solar fotovoltaica, seguida por la energía eólica y en tercer lugar la de generación por biogás.

Palabra claves: Proceso analítico jerárquico FAHP, Energía renovable, Toma de decisiones, Algoritmo, Multicriterio, Desarrollo sostenible.

---

## Antecedentes

La presente investigación propone resolver un problema de selección de la mejor energía renovable para uso en la región caribe colombiana específicamente en un municipio del departamento del Atlántico, empleando un método multicriterio como es el FAHP, como aporte significativo a la planeación energética de un país especialmente la región caribe (Robles-Algarín et al., 2018) En Colombia, se han colocado en marchas investigaciones similares a la propuesta, encaminadas a seleccionar las mejores alternativas de generación de energía, con el objeto de resolver el problema de energización, particularmente en ZNI y el Ministerio de Minas y Energía, ha venido trabajando en la solución de este problema. En 1999, la (Unidad de Planeación Minero-Energética, UPME) contrato el diseño de un plan estructural, institucional y financiero para el suministro de energía eléctrica a las ZNI del territorio nacional, con la colaboración de las comunidades y el sector privado con previa caracterización de la demanda de energía, priorización en la clasificación de los centros poblados, su situación natural, económica y social, así como una estimación de los costos del suministro de energía, un sistema de información geo-referenciado de las ZNI y una propuesta regulatoria de suministro de electricidad (Hacatoglu et al., 2015)

Por su parte, señala que, en Colombia, la energización de las ZNI en el pasado se abordó desde la factibilidad técnica y la viabilidad económica de los proyectos nada más, sin tener presente otros criterios de evaluación que a la luz de hoy resultan muy importante. Sin embargo, este esquema tradicional es modificado por investigaciones

como las de, estas investigaciones contemplan múltiples objetivos o criterios como: naturales, sociales, humanos, biofísicos y financieros lo cual ahora constituyen una propuesta integral en la selección de tecnologías y la asignación de recursos a proyectos de energización en el territorio nacional. Otras investigaciones han utilizado la metodología de medios de vida sostenibles MVS, para resolver el problema de energización en sus zonas de estudio, tales como propone en su investigación un modelo para la selección de proyectos que busca maximizar el beneficio de la localidad de Calamar, Guaviare. Para el año 2017 en la evaluación de políticas para la electrificación de una ZNI en el suroccidente de Colombia. Ese mismo año, presentan una herramienta analítica designada como SURE (The Sustainable Rural Energy Decision Support System-DSS), con el objetivo de maximizar los cinco criterios principales que representan una localidad (físico, financiero, natural, social y humano), cuyas variaciones dependen principalmente de la provisión de energía eléctrica y de otros proyectos productivos y sociales complementarios, para el análisis de decisión de alternativas de generación de energía rural y suministro de energía renovable, usando el enfoque MCDM. (Torabi Moghadam y Lombardi, 2019)(Campos-Guzmán et al., 2019)(Hernández et al., 2021)(Hacatoglu et al., 2015)(Rosso et al., 2017) Trabajos análogos han sido desarrollados en Colombia por (Nsafon et al., 2020) y plantea una solución a un problema multiobjetivo e intenta plasmar la característica básica de esta propuesta, la cual consiste en que todas las variables se reducen a una dimensión de costos, es decir, cualquier variable o criterio se cuantifica monetariamente. Lo que se realizó fue una comparación de las alternativas en términos del valor presente neto y se estudió la rentabilidad de establecer proyectos en pro de la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> (Ferretti & Montibeller, 2016)(Zucchini et al., 2014)(Şengül et al., 2015).

El modelo crea una idea de qué las opciones en cuanto a tecnología y tamaño son más eficientes en términos de mínimo costo y sostenibilidad además compara las alternativas de generación propia con interconexión al Sistema Interconectado Nacional. Por otro lado, en la ciudad de Medellín, el Instituto de Energía de la Universidad Nacional de Colombia ha desarrollado herramientas de planeación y metodologías para la energización rural, para ello estudia varios objetivos y algoritmos genéticos. Mientras que, desarrolló un modelo de optimización termo-económica, tecnológica y ambiental utilizando algoritmos conocidos como genéticos multiobjetivo, con los siguientes objetivos: minimización de gases efecto invernadero, minimización de costos energético-económicos y maximización de la eficiencia energética. (Sahoo, 2016)(Bhattacharyya, 2012) Se realizó tratamiento de la incertidumbre empleando simulación

Montecarlo. Estas investigaciones tanto a nivel nacional como las que han realizado a nivel internacional ayudan a asentar un importante precedente para próximas investigaciones en lo que se refiere a la planificación energética de Colombia y más a lo que esta investigación logro desarrollar, la cual está centrada en la planificación energética de la región caribe colombiana en especial el departamento del Atlántico (Hernández et al., 2021).

En el presente artículo de investigación, se tiene en cuenta el interés actual por invertir en fuentes de energías no convencionales que compitan a su vez con fuentes de energías convencionales o tradicionales, no descartando la opción de sistemas híbridos. La acción de tomar decisiones es un proceso que está presente en el diario vivir de todos los seres humanos y como el objetivo de esta tesis es el de lograr desarrollar un modelo matemático que permita escoger la mejor alternativa de fuentes de energía, se ha planteado como método para la ayuda de toma de decisión el Proceso Analítico Jerárquico Difuso (FAHP), el propósito es lograr establecer una tecnología a partir del método de decisión multicriterio con aplicación de la lógica difusa, de esta manera se asegura la veracidad y eliminación del grado de subjetividad de los juicios emitidos por los expertos y así establecer los pesos de importancia tanto de los criterios como de las alternativas que se deseen evaluar. El modelo tiene un factor diferenciador respecto a investigaciones que se han desarrollado en el país, debido a la implementación del FAHP como método de solución para aproximarse a la mejor solución, teniendo en cuenta diversos criterios cualitativos como los económicos y ambientales y cuantitativos como los técnicos, sociales, ambientales, terrorismo, vía de acceso, etc, lo cual proporciona decisiones más sostenibles. Esta investigación presenta una planeación energética de por lo menos 10 años (aspecto a tener presentes por los expertos), considerando aspectos como los cambios que se puedan presentar en la disponibilidad de los recursos, presupuesto limitado en las inversiones y además cuenta con la participación de expertos en la toma de decisiones, por ultimo constituye una herramienta significativa para aquellas entidades gubernamentales o empresas generadores de energía, que deseen implementar proyectos de generación, especialmente en áreas con pésimo servicio eléctrico o no tengan acceso a este servicio y deseen aprovechar el potencial de las energías renovables (Moradi et al., 2020)(Balbis-Morejón et al., 2021).

Este artículo está organizado en cuatro secciones principales. Primero, se presenta una revisión de la literatura sobre el problema de selección de energía renovable. Especialmente, se dan publicaciones extensas sobre la evaluación de energías renovables en Colombia. En segundo lugar, se dan una descripción general de los criterios de

selección, ya que en otro artículo de mi autoría se hace explicación detallada de dichos criterios y subcriterios, las alternativas y se presenta la metodología Fuzzy AHP. Tercero, los resultados se presentan junto con la discusión en relación con la literatura finalmente, se dan conclusiones.

## 1. Material y método

### Energía renovable, criterios y subcriterios

En la fase de evaluación y desarrollo de esta investigación, las alternativas de energías renovables se evaluaron cuatro criterios principales y dieciséis subcriterios. Los criterios se escogieron con respecto a la revisión de la literatura relevante y por medio de sus investigaciones sugieren, los criterios más utilizados al considerar los criterios utilizados en la literatura y aplicabilidad en la zona de estudio. (Verma y Chaudhri, 2014)(Robles-Algarín et al., 2018) Al revisar el potencial de energías renovables en la región caribe colombiana, los expertos evalúan las seis alternativas energéticas desde aspectos ambientales, sociopolíticos, económicos, técnicos/tecnológicos. La Figura 1 muestra la estructura jerárquica del problema de toma de decisiones energéticas. Se utilizan un grupo de expertos para evaluar los criterios, subcriterios y las alternativas, considerados con respecto a la Figura 1.



**Figura 1** Jerarquía para la selección de los recursos de energía renovable más apropiada.

**a) Método AHP con lógica difusa.** En esta investigación se empleó el método Fuzzy AHP, el procedimiento del método Fuzzy AHP puede explicarse de la siguiente manera. Para tal explicación es importante saber que se utilizó una escala difusa como se muestra en la Tabla 1.

El método FAHP por sus siglas en inglés, fue propuesto en el año 1996, este método para su desarrollo incorpora los llamados números difusos a la metodología AHP propuesta por Saaty en 1994, a continuación, se mostrará dicha incorporación.

(Studi et al., 2013)

Sea un conjunto de varios objetos, y  $Z =$  un conjunto de objetivos. Acorde al método propuesto por Chang, toma cada objetivo y se realiza el análisis para cada objetivo respectivamente  $X = x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$   $z_1, z_2, z_3, \dots, z_m$  De tal modo como se muestra en la ecuación (1) se puede obtener valores de análisis extendido “m” para cada uno de los objetos con la siguiente notación : (X. Zhou, 2012)

$$M^1_{g^1}, M^1_{g^2}, \dots, M^1_{g^i} \quad i=1,2,\dots, n \quad (1)$$

Donde todos los  $M^i_{g^r}$  son números triangulares difusos.  $M^i_{g^r} \quad i=1,2,\dots, m$

Para un mejor entendimiento de la metodología propuesta por Chang en esta investigación se explicará los pasos propuestos por Büyüközkan (2014).

Paso 1: existe un valor del cual resulta del análisis extendido con respecto al i-esimo objeto, está definido en la ecuación (2) como:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M^j_{gi} \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M^j_{gi} \right]^{-1} \quad (2)$$

Si se desea obtener, se debe desarrollar la operación de adición de números difusos de los valores de análisis extendidos para m, para una matriz particular tal como se muestra en la ecuación (3):  $\sum_{j=1}^m M^j_{gi}$

$$\sum_{j=1}^m M^j_{gi} = \sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \quad (3)$$

Entonces para obtener, se desarrolla la operación de adición de números difusos  $\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M^j_{gi} \right]^{-1}$

$$M_{gi}^j \quad (j = 1, 2, \dots, m)$$

tal que:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \sum_{j=1}^m l_i, \sum_{j=1}^m m_i, \sum_{j=1}^m u_i \quad (4)$$

Para obtener la inversa de la ecuación (4) se realiza de la siguiente forma:

$$\left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right)^{-1} = \dots (5) \frac{1}{\sum_{j=1}^m u_i} \frac{1}{\sum_{j=1}^m m_i} \frac{1}{\sum_{j=1}^m l_i}$$

Paso 2: en este paso se determina el grado de posibilidad que y esto se puede detonar como se observa en la ecuación (6):  $M_2 \geq M_1$

$$V(M_2 \geq M_1) = \sup(\min(u_{M_1}(x), u_{M_2}(y))) \quad (6)$$

Ahora bien, existe un par de puntos (x,y) tal que y entonces se tiene que , además y son números difusos convexos tal como se muestra en la ecuación (7) y observa en la

tabla 1:  $y \geq x, u_{M_1}(x) = u_{M_2}(y), V(M_2 \geq M_1) = 1, M_1 = [l_1, m_1], u_1 M_2 = [l_2, m_2], u_2$  |

$$V(M_2 \geq M_1) = \text{hgt}(M_1 \cap M_2) = u_{M_2}(d) = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & m_2 \geq m_1 \\ 0 & l_2 \geq l_1 \\ \frac{l_1 - l_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \end{array} \right\} \quad (7)$$

Donde d será la ordenada del punto de intersección más alto D entre y como se puede ver en la Figura 2.  $u_{M_1}, u_{M_2}$

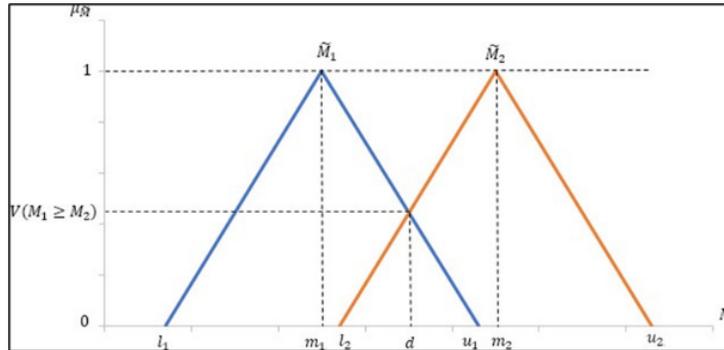


Figura 2 Intersección entre □1 y □2.

Paso 3: Existe un grado de posibilidad para un numero difuso sea mayor de K números difusos convexos se define de la siguiente manera, se muestra en la ecuación (8):  
 $M_j (i = 1, 2, \dots, k)$

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V(M \geq M_1) \text{ y } M \geq M_2 \text{ y } \dots \text{ y } M \geq M_k = \min V M \geq M_i \quad (8)$$

Siendo así, entonces se asume la ecuación (9):

$$d', (A_i) = \min s_i \geq s_k \quad (9)$$

Para que por lo tanto, los pesos de los vectores están dados por la ecuación (10):  
 $k = 1, 2, \dots, n; k \neq i$

$$W' = d', (A_1), d', (A_2), \dots, d' (A_n)^T \quad (10)$$

Paso 4: Para este paso se deben normalizar los pesos de los vectores tal como se puede observar la ecuación (11):

$$W' = d', (A_1), d, (A_2), \dots, d' (A_n)^T \quad (11)$$

Para este caso se debe tener presente que  $W$  ahora no son números difusos, si no vectores con los pesos finales.

**Tabla 1** Escala triangular de conversión difusa

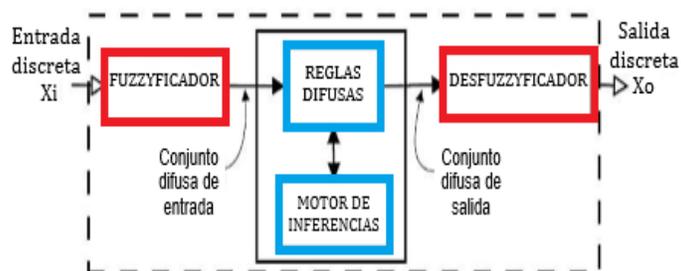
Escala	Triangular difuso	Triangular
Igual	(0,0,0)	(0,0,0)
Debilmente importante	(1,3,5)	(-5,-3,-1)
Mucho mas importante	(3,5,7)	(-7,-5,-3)
Fuertemente importate	(5,7,9)	(-9,-7,-5)
Absolutamente importante	(7,9,9)	(-9,-9,-7)

La calificación de cada alternativa se multiplica por las ponderaciones de los subcriterios y se agrega para obtener calificaciones locales con respecto a cada criterio. Las calificaciones locales se multiplican por los pesos de los criterios y se agregan para obtener calificaciones globales (J. Zhou et al., 2019).

## Modelación difusa

Es la aplicación de la lógica difusa y la teoría de conjuntos difusos para modelar fenómenos a través de reglas difusas. Por ejemplo, en procesos de control y toma de decisiones se podrían aplicar sistemas difusos ver Figura 3. Un sistema difuso consta de cuatro fases: Fuzificación, bases de reglas difusas, inferencia y desfuzificación. La Fuzificación es la primera fase donde se establece una función desde  $X$  a todos los conjuntos borrosos en  $X$ . En otras palabras, a un número real  $\epsilon$  se le asigna un grado de pertenencia a un conjunto borroso  $A$ . Luego están las reglas difusas que es una colección de reglas que describe la relación entre las acciones y los estados del sistema. Las reglas están expresadas en la forma si  $(A1)$  y/o  $(A2) \dots (An)$  entonces  $(Cn)$  donde  $(An)$  y  $(Cn)$  son las acciones y los estados del sistema respectivamente para  $n \in N$  (Zeng et al., 2020)

En tercer lugar, está la inferencia que es una regla de deducción para determinar una salida difusa basada en un conjunto arbitrario en  $X$ , y, por último, la desfuzificación que es un operador que transforma conjuntos borrosos a números reales. Existen varios métodos de desfuzificación siendo uno de los más utilizados el centro de gravedad (Olabanji y Mpofu, 2020)



**Figura 3** Sistema Difuso

El bloque fuzzyficador es el bloque en que cada variable de entrada se le asigna un grado de pertenencia a cada uno de los conjuntos difusos que se logre considerar, esto se logra gracias a las funciones características asociadas a estos conjuntos difusos. Las entradas a este bloque son valores concretos de las variables de entrada a las salidas son grados de pertenencia a los conjuntos difusos que se consideren.

El bloque de inferencia mediante lo que se denomina motor de inferencia tiene la función de relacionar los conjuntos difusos de entrada y los de salida y que representan a las reglas que definen el sistema. Se debe ser claro que las entradas de este bloque son conjuntos difusos y las salidas son también conjuntos difusos asociados a la variable de salida.

El bloque desfuzzyficador es en el cual donde a partir de un conjunto difuso obtenido previamente en el mecanismo de inferencia y aplicando los métodos matemáticos de desfusión se obtiene un valor concreto de la variable de salida, es decir se debe obtener el valor esperado (Yajure, 2015)

### Enfoque de criterios y subcriterios

En la selección de criterios y subcriterios, se estableció un conjunto de criterios cualitativos, considerados como medios de comparación entre las diferentes alternativas. Estos parámetros influyen en la toma de decisiones multicriterio para la selección de tecnologías a aplicar. Los criterios considerados se basan en el estudio de diferentes artículos y/o publicaciones que fueron investigados en diferentes bases de datos. Algunas de las publicaciones que sirvieron de base para elegir estos criterios y subcriterios son [19], [7] y [20], a continuación, todos los criterios se detallan individualmente y cada subcriterio asociado. (Techo et al., 2017)

Criterios: Social (C1), Económico (C2), Ambiental (C3) y Técnico (C4).

**Cuadro 2.** Clasificación de los subcriterios según criterios

<b>Criterios</b>	<b>Subcriterios</b>
<b>Social (C1)</b>	Aceptación social (C1.1)
	Generación de trabajo (C1.2)
	Obstáculos en zonas (C1.3)
	Disponibilidad de zona (C1.4)
	Vandalismo y/o terrorismo (C1.5)
<b>Económico (C2)</b>	Capital inicial (C2.1)
	Costes de operación y mantenimiento (C2.2)
	Valor actual neto (C2.3)
	Coste de generación de electricidad (C2.4)
<b>Ambiental (C3)</b>	Facción renovable (C3.1)
	Huella de carbono (C3.2)
	Impacto en los ecosistemas (C3.3)
<b>Técnicos (C4)</b>	Eficiencia (C4.1)
	Fiabilidad (C4.2)
	Disponibilidad de origen (C4.3)
	Madurez tecnológica (C4.4)

### *a. Comparación por pares*

Una vez obtenida la lista final de criterios, se determinaron las interrelaciones entre los elementos para hacer comparaciones por pares. Se examinaron cuidadosamente las definiciones teóricas de los elementos y se revisó la literatura para establecer interrelaciones precisas. Las relaciones iniciales se decidieron con base en la información obtenida de la literatura. Sin embargo, crear matrices de relación con solo conocimientos teóricos no sería suficiente para obtener resultados precisos. La participación de expertos del sector energético era inevitable. Teniendo en cuenta la naturaleza multidisciplinaria de las inversiones en energía, se formó un equipo de expertos bien diversificado con 16 personas. Los expertos tienen un mínimo de 2 años de experiencia y tienen experiencia en diversas inversiones en emergencias. Los expertos tienen diferentes títulos y responsabilidades que ayudaron a obtener perspectivas diferentes y complementarias. El perfil de los expertos se muestra en el cuadro 3. Se pidió a todos los expertos que revisaran las interrelaciones obtenidas de la bibliografía y rellenaran la matriz de interrelaciones. El conjunto de escalas sugerido por Saaty se utilizó en las matrices de comparación de pares. De acuerdo con el trabajo sugerido, se utilizan números que van del 1 al 9 para indicar la importancia relativa de los elementos. En

el siguiente paso, se determinaron los índices de importancia relativa de los grupos y se determinaron los ítems. El conjunto de escalas sugerido por Saaty se utilizó en las matrices de comparación de pares.

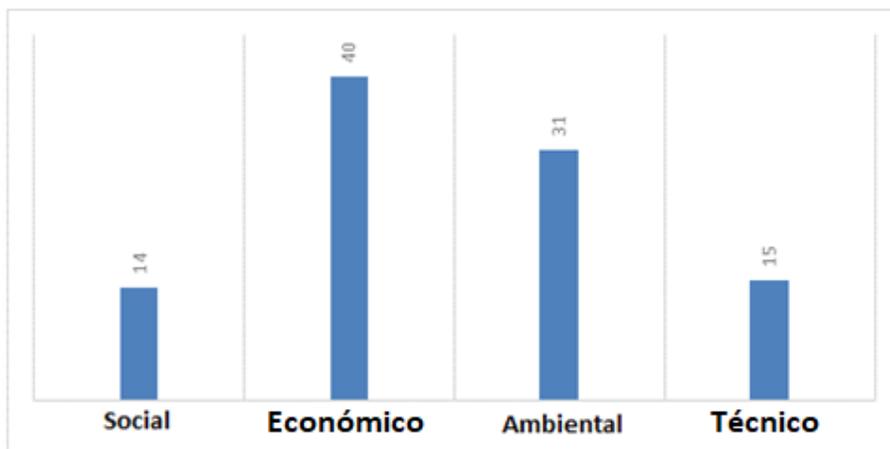
**Tabla 3** *Categorización del grupo de expertos*

Número de experto	Ocupación	Formación académica	Años de experiencia
1	maestro	Magister	2
2	maestro	Magister	2
3	maestro	Magister	2
4	maestro	Magister	2
5	maestro	Magister	4
6	maestro	Magister	4
7	maestro	Magister	4
8	Abogado	Magister	4
9	Abogado	Magister	6
10	Ingeniero de campo	Magister	6
11	Ingeniero de campo	Magister	6
12	Administrativo	Magister	6
13	Administrativo	Magister	8
14	Administrativo	Magister	8
15	maestro	Doctor	Pero de 10
16	maestro	Doctor	Pero de 10

## Resultados y discusión

Como se mencionó, principalmente seis alternativas de energías renovables tienen posibilidades de ser explotadas en una localidad de la región caribe de Colombia. El primer paso de cualquier enfoque multicriterio es la definición de alternativas, criterios y subcriterios. El segundo paso es la ponderación de cada criterio y subcriterio para expresar su importancia relativa. Realizar la matriz de comparación de los criterios principales se da en la Figura 4, para analizar la consistencia de las distintas matrices de comparación por cada uno de los decisores, se descubrió que los expertos consideraban que el criterio económico era más importante que otros, además, el segundo criterio de mayor importancia se determinó como el criterio ambiental, este resultado

significa que los expertos estaban más interesados en el medio ambiente y los factores económicos. Se repiten los mismos procedimientos para medir el grado de importancia en los subcriterios y los resultados obtenidos se muestran en las tablas 4 a 7.



**Figura 4** Ponderación de criterios por FAHP%

**Tabla 4** Jerarquización de subcriterios económicos.

Pesos normalizados	%	Subcriterios.
0,235155301	24%	Capital inicial
0,38666767	39%	COSTAR. OP. y MAT
0,086121932	9%	Valor actual neto
0,292055097	29%	COSTO GENERAL ELECTRICity

**Tabla 5** Jerarquización de subcriterios ambientales.

Pesos normalizados	%	Subcriterios
0,650782672	65%	Fracción renovable
0,126290306	13%	Huella de carbono
0,222927022	22%	Impacto en el ecosistema

**Tabla 6** Jerarquización de subcriterios técnicos.

Pesos normalizados	%	Subcriterios
0,362277614	36%	Eficiencia
0,336916142	34%	Fiabilidad
0,116082886	12%	Disponibilidad de origen
0,184723358	18%	Madurez tecnológica

Los subcriterios de mayor importancia fueron los costos de generación y mantenimiento, la eficiencia eléctrica, la generación de trabajo en la zona de implementación del Proyecto y la huella de carbono, este último subcriterio resultó ser el de mayor porcentaje en grado de importancia según los expertos consultados, este se puede deber a los beneficios de calcular la implementación de la fracción renovable para cualquier organización, entre los cuales se puede destacar: Permite redefinir mejores objetivos y las políticas de reducción de emisiones, así como establecer estrategias efectivas de ahorro energético, contribuye a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y responder a las demandas de una parte cada vez mayor de la sociedad, facilitar la comprensión del impacto ambiental de todos los procesos ligados a la cadena de valor de la organización (como proveedores y materiales) y por último quizás el más importante satisfacer también las exigencias de un número creciente de clientes con conciencia medioambiental

**Tabla 7** Jerarquización de subcriterios sociales.

Pesos normalizados	%	Subcriterios
0,204982421	20%	Aceptación social
0,347711775	35%	Generación de empleo
0,090121289	9%	Obstáculos en zonas
0,239533891	24%	Disponibilidad de la zona
0,117650623	12%	Vandalismo y/o terrorismo

Los resultados obtenidos en la jerarquización de los subcriterios muestran que para el grupo de experto seleccionado resulta de mayor importancia el costo de operación y mantenimiento esto para los criterios económicos, dentro de los criterios ambientales para el grupo de experto resultado de mayor importancia la fracción renovable que el proyecto de energía renovable pueda traer, en los criterios económicos y sociales resultado de mayor importancia la eficiencia de cada uno de los equipos a utilizar y la generación de trabajo que el proyecto de instalación de energía renovable pueda traer a la zona de instalación.

Se debe realizar una matriz de comparación donde reúna todos los resultados de los procesos de jerarquización de los criterios y subcriterios como así mismo la comparación de estos frente a cada alternativa, dicha matriz resulta de vital importancia debido a que es esta la que permitirá realizar la ponderación y jerarquización de la fuente de energía con mayor relevancia en la zona de estudio.

Las matrices mostradas en las Tablas 4 hasta la 7 muestran la ponderación y jerarquización de los subcriterios dentro de cada uno de los criterios seleccionados para esta investigación, dicha ponderación y/o jerarquización son de gran importancia ya que la unificación de estas matrices conducirá a una matriz de decisión final, en la cual se determinará cuál de las fuentes de energía renovables propuestas para la zona de estudio es la mejor opción según el criterio del grupo de experto acudido, la Figura 5 muestra un resumen de todos los valores obtenidos en la presente investigación pero ahora a modo general, reflejando las ponderaciones y jerarquizaciones de cada alternativa frente a cada subcriterios, de cada criterios evaluado y la evaluación de cada subcriterio frente a los demás

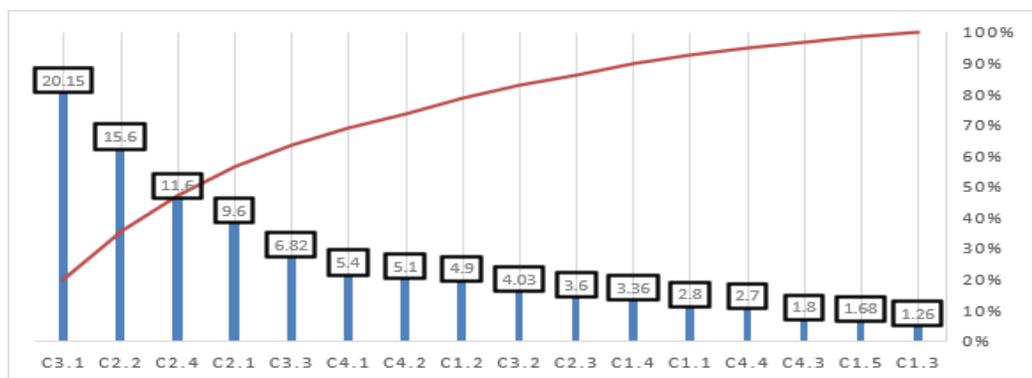
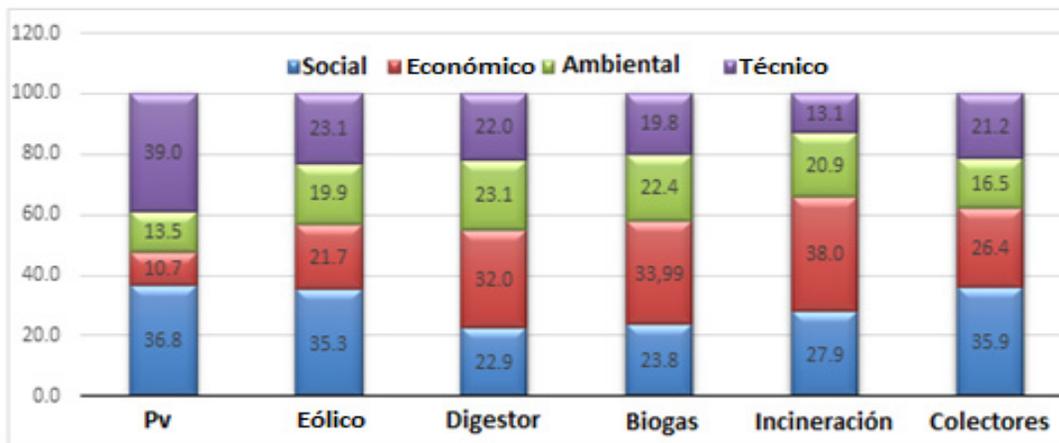


Figura 5 Subcriterios globales %

Otro resultado de importante valor fue la ponderación porcentual de cada uno de los criterios frente a las diferentes alternativas presentadas esto debido a que permite la jerarquización de los criterios a tener presentes según la tecnología de fuente de energía renovable a implementar, es por esto que en la figura 6 se logra evidenciar que no existe además una homogeniad en los valores de importancia de cada criterio evaluado para cada alternativa, como por ejemplo, en la tecnología de generación solar fotovoltaica el criterio economico es el de menor importancia en cambio en la tecnología de generación de energía por incineración de residuos este mismo criterio obtiene el mas alto valor de importancia.



**Figura 6** Comparación de alternativas y cada criterio

La tabla 8 representa lo que se conoce como la matriz de descion final, es en esta tabla donde se concentra todos los resultados de la impementacion del proceso analítico jerárquico con lógica difusa FAHP en la comparación de cada uno de los criterio, en la comparación de cada uno de los subcriterio y el impacto de estas comparaciones en cada una de las fuentes de alternativas en energías presentadas, es de esta matriz donde se originaran los diferentes niveles de importancia y jerarquización que tendrá cada una de las fuentes de energías presentadas como se puede observar en la figura 7.

**Tabla 8** Ponderación de Subcriterios y Criterios vs Alternativas.

	C1 (14%)	C2 (40%)			C3 (31%)		C4 (15%)									
PESOS	C1.1	C1.2	C1.3	C1.4	C1.5	C2.1	C2.2	C2.3	C2.4	C3.1	C3.2	C3.3	C4.1	C4.2	C4.3	C4.4
L %	20	35	9	24	12	24	39	9	29	65	13	22	36	34	12	18
G %	2,8	4,9	1,26	3,36	1,68	9,6	15,6	3,6	11,6	20,15	4,03	6,82	5,4	5,1	1,8	2,7
A1	0,34	0,28	0,27	0,32	0,26	0,27	0,05	0,06	0,05	0,17	0,06	0,30	0,43	0,45	0,32	0,35
A2	0,26	0,21	0,17	0,12	0,19	0,25	0,06	0,15	0,13	0,26	0,07	0,20	0,10	0,18	0,14	0,21
A3	0,10	0,14	0,11	0,11	0,13	0,11	0,11	0,32	0,28	0,14	0,31	0,15	0,18	0,14	0,14	0,10
A4	0,10	0,12	0,11	0,11	0,14	0,15	0,20	0,20	0,27	0,13	0,26	0,15	0,14	0,09	0,14	0,11
A5	0,08	0,10	0,09	0,11	0,10	0,05	0,35	0,09	0,17	0,19	0,11	0,06	0,05	0,04	0,06	0,06
A6	0,12	0,16	0,24	0,24	0,18	0,19	0,22	0,19	0,09	0,11	0,19	0,13	0,09	0,09	0,20	0,17

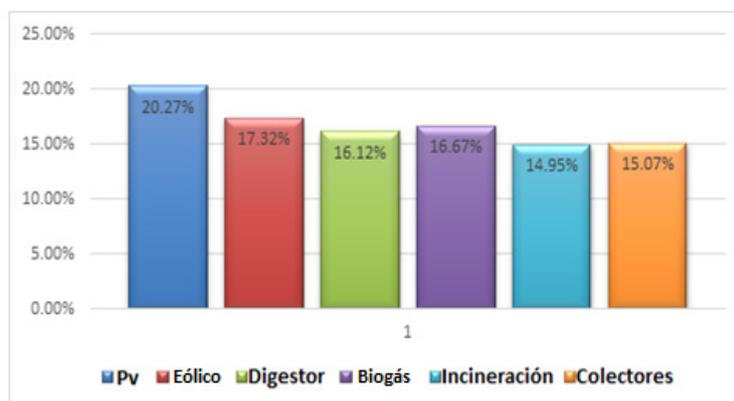
## Conclusiones

El hecho de utilizar los métodos de decisión multicriterio, con el objetivo de buscar la correcta elección entre varias opciones, se convierte en una poderosa herramienta en estos tiempos de grades ejecuciones de proyectos y no solo a nivel de las energías renovables, si no a modo general. Para toda pequeña o gran empresa, sea pública o privada, hoy más que nunca está sometida a tomar decisiones en sus diversos campos: infraestructura, económico, personal, etc. El uso en concreto de un MCDM se da debido a la complejidad que presenta un conjunto de alternativas al ser evaluadas con respecto a un conjunto de criterios y estos a su vez subcriterios.

Muchos son los campos de aplicación de los MCDM, para esta investigación fueron enfocado al campo de las energías renovables. Poco a poco a lo largo del tiempo ha ido incrementando la importancia que se les está dando a las energías renovables debido a las ventajas cuando estas son aplicadas en pro de una gran cantidad de población o industria. Una adecuada elección de una energía renovable depende de múltiples factores que impedirán o permitirán el correcto desarrollo de esta, debido que la finalidad es obtener grandes beneficios y no pérdidas. Una mala decisión al elegir una energía renovable que utilice recursos disponibles en una zona de aplicación traería consigo grandes pérdidas en tiempo y dinero. La metodología descrita en esta tesis por tanto ayudaría a tomar decisiones que podrían converger en políticas públicas tendientes a aprovechar los recursos energéticos que se dispondrían en una zona de estudio y posterior aplicación.

La metodología seleccionada en este estudio fue AHP con aplicación de lógica difusa, mejor conocido como FAHP. FAHP aporta el proceso de análisis jerárquico, mientras que la lógica difusa modela la vaguedad o falta de claridad de los expertos para con los criterios y subcriterios a evaluar, es decir FAHP elimina o mitiga la subjetividad que cada experto pueda tener a la hora de dar su respuesta. Es importante destacar que la teoría de conjuntos difusos abarca un acumulado de datos muy bien organizado de elementos básicos. Los sistemas basados en números difusos crean una gran herramienta tanto para el modelado lingüístico como el numérico. Esto conduce a que grandes y extensos serán los cálculos requeridos para llevar a cabo dicho método, generando gran dificultad, si no se contara con softwares que realizan infinidad de cálculos matemáticos.

Como consecuencia de todo el proceso realizado en esta investigación, se considera que la energía renovable más adecuada mas no la única para aplicar en la zona de estudio de la región caribe colombiana y departamento del Atlántico, es solar fotovoltaica con una calificación de 20.27%, seguido por la eólica con un 17.32%, en tercer puesto está la energía por Biogás con un 16.67%, en cuarto lugar la energía producida por Digestor con un 16.12%, en un quinto lugar tenemos la energía obtenida por colectores solares con un 15.07% y en un sexto puesto se encuentra la energía obtenida por Incineración de residuo con un 14.95%. Resulta muy importante ver que a simple vista la variación de entre una energía renovable con otra es de milésimas, demostrando así lo complejo que resulta elegir con un análisis simple. El resultado obtenido en la presente investigación sirve para validar o reforzar, estudios realizados por el gobierno colombiano para invertir en el mejoramiento de calidad de vida de los habitantes de la zona en mención, que proponen resultados similares, aun cuando muy seguramente utilizan otras técnicas de análisis.



**Figura 7** Ponderación de las energías renovables por AHP

## Referencias

- Balbis-Morejón, M., Cabello-Eras, J. J., Rey-Hernández, J. M. y Rey-Martínez, F. J. (2021). Indicador Global de Rendimiento de Aire Acondicionado (ACPI) para edificios, en clima tropical. *Construcción y Medio Ambiente*, 203 (junio), 108071. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108071>
- Bhattacharyya, S. C. (2012). Revisión de metodologías alternativas para el análisis del suministro eléctrico fuera de la red. *Revisiones de energía renovable y sostenible*, 16(1), 677–694. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.08.033>
- Campos-Guzmán, V., García-Cáscales, M. S., Espinosa, N. y Urbina, A. (2019). Análisis del ciclo de vida con toma de decisiones multicriterio: una revisión de los enfoques para la evaluación de la sostenibilidad de las tecnologías de energía renovable. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 104 (mayo de 2018), 343–366. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.01.031>
- Ferretti, V. y Montibeller, G. (2016). Desafíos clave y meta-opciones en el diseño y aplicación de sistemas de apoyo a la decisión espacial multicriterio. *Decision Support Systems*, págs. 84, 41–52. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2016.01.005>
- Hacatoglu, K., Dincer, I. y Rosen, M. A. (2015). Evaluación de la sostenibilidad de un sistema energético híbrido con almacenamiento basado en hidrógeno. *Revista Internacional de Energía del Hidrógeno*, 40(3), 1559–1568. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2014.11.079>
- Hernández, J. C. B., Moreno, C., Ospino-Castro, A., Robles-Algarín, C. A. y Tobón-Pérez, J. (2021). UNA SOLUCIÓN DE ENERGÍA HÍBRIDA PARA EL SUMINISTRO ELÉCTRICO SOSTENIBLE DE UN SISTEMA DE RIEGO EN UNA ZONA RURAL DE ZONA BANANERA, COLOMBIA. *Revista Internacional de Economía y Política Energética*, 11(4), 521–528. <https://doi.org/10.32479/ijeep.11014>
- Kabak, M., Köse, E., Kirilmaz, O. y Burmaoglu, S. (2014). Un enfoque difuso de toma de decisiones multicriterio para evaluar el rendimiento energético del edificio. *Energía y edificios*, 72, 382–389. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.12.059>
- Moradi, S., Yousefi, H., Noorollahi, Y. y Rosso, D. (2020). Sistema de apoyo a la decisión multicriterio para la selección de emplazamientos de parques eólicos y análisis de sensibilidad: Estudio de caso de la provincia de Alborz, Irán. *Energy Strategy Reviews*, 29 (febrero), 100478. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2020.100478>
- Nsafon, B. E. K., Butu, H. M., Owolabi, A. B., Roh, J. W., Suh, D., & Huh, J.-S. (2020). Integración del análisis multicriterio con el ciclo PDCA para la planificación energética sostenible en África: Aplicación al sistema híbrido de minirredes en Camerún. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 37 (noviembre de 2019), 100628. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2020.100628>

- Olabanji, O. M. y Mpofu, K. (2020). Proceso de jerarquía analítica difusa hibridada y promedio ponderado difuso para identificar el concepto de diseño óptimo. *Heliyon*, 6(1), e03182. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03182>
- Robles-Algarín, C. A., Taborda-Giraldo, J. A., & Ospino-Castro, A. J. (2018). Procedimiento para la Selección de Criterios en la Planificación Energética de Zonas Rurales Colombianas. *Información Tecnológica*, 29(3), 71–80. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000300071>
- Rosso, A. M., Kafarov, V. y Latorre-bayona, G. (2017). *Un sistema de apoyo a la decisión de lógica difusa para evaluar alternativas sostenibles para la generación de energía en áreas no interconectadas de Colombia- Caso de estudio*. 57, 421–426. <https://doi.org/10.3303/CET1757071>
- Sahoo, S. K. (2016). La energía renovable y sostenible revisa el progreso de la energía solar fotovoltaica en la India: una revisión. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 927–939. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.049>
- Şengül, Ü., Eren, M., Eslamian Shiraz, S., Gezder, V. y Sengül, A. B. (2015). Método difuso TOPSIS para clasificar los sistemas de suministro de energía renovable en Turquía. *Energía renovable*, 75, 617–625. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2014.10.045>
- Studi, P., Teknik, M., Postgrado, P., Atma, U., & Yogyakarta, J. (2013). *Proceso de jerarquía analítica difusa*.
- Tavana, M., Santos Arteaga, F. J., Mohammadi, S. y Alimohammadi, M. (2017). Un sistema difuso de apoyo a la decisión espacial multicriterio para la planificación de la ubicación de granjas solares. *Energy Strategy Reviews*, 18, 93–105. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2017.09.003>
- Torabi Moghadam, S. y Lombardi, P. (2019). Un sistema interactivo de apoyo a la decisión espacial multicriterio para la modernización energética de las existencias de edificios utilizando CommuntiyVIZ para apoyar la planificación energética urbana. *Construcción y Medio Ambiente*, 163 (junio), 106233. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106233>
- Verma, S. y Chaudhri, S. (2014). *Integración del enfoque de Fuzzy Reasoning (FRA) y Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP) para Risk Assessment in Mining Industry*. 7(5), 1347–1367.
- Yajure, C. A. (2015). Comparación de los métodos multicriterio AHP y AHP Difuso en la selección de la mejor tecnología para la producción de energía eléctrica a partir del carbón mineral. *Scientia et Technica Año XX*, 20(3), 255–260.
- Zeng, Y., Guo, W., Wang, H. y Zhang, F. (2020). Un método de evaluación y optimización en dos etapas para el desarrollo de energía renovable basado en el análisis envolvente de datos. *Applied Energy*, 262 (diciembre de 2019), 114363. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114363>
- Zhou, J., Wu, Y., Wu, C., Deng, Z., Xu, C. y Hu, Y. (2019). Un enfoque híbrido difuso de toma de decisiones multicriterio para el análisis del rendimiento y la evaluación del sistema de energía integrado a nivel de parque. *Conversión y gestión de energía*, 201 (octubre), 112134. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.112134>

Zhou, X. (2012). Implementación de procesos de red analítica difusa con Matlab. En *MATLAB - A Fundamental Tool for Scientific Computing and Engineering Applications - Volume 3* (Issue 3, pp. 132–160). InTech. <https://doi.org/10.5772/46466>

# DESAFÍOS Y PERSPECTIVAS DEL APROVECHAMIENTO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN COLOMBIA

*Christian Moreno Rocha, Jorge David Pertuz Ortiz*

*Departamento de Energía, Facultad de Ingeniería, Universidad de la Costa,  
[cmoreno7@cuc.edu.co](mailto:cmoreno7@cuc.edu.co), [jpertuz21@cuc.edu.co](mailto:jpertuz21@cuc.edu.co)*

## Resumen

Este artículo cuantifica el desarrollo de la energía solar fotovoltaica en Colombia y sus perspectivas de desarrollo actuales. La demanda de energía eléctrica en Colombia va en aumento debido al desarrollo poblacional, industrial y empresarial, trayendo un mayor consumo de energía y consecuentemente problemas económicos, sociales y ambientales. Ante esta situación se plantea una posible solución, utilizando energía solar, para abastecer el aumento de demanda y mitigar los problemas que genera la actual generación eléctrica debido a que Colombia presenta altos niveles de radiación solar en casi todo el territorio. El objetivo de esta investigación se basa en el análisis del comportamiento de los proyectos sobre sistemas solares fotovoltaicos presentados a la Unidad de Planeación Minero Energética en los últimos 14 años hasta el 30 de septiembre de 2020, así como el estudio de la zona con la implantación más efectiva de esta tecnología y sus respectivos índices de radiación.

**Palabras clave:** Problema ambiental; sistema solar fotovoltaico; energía renovable; proyectos de energía solar; energía solar.

---

## Introducción

Colombia, país ubicado en América del Sur, cuenta con una excelente ubicación geográfica para el uso, desarrollo y generalización de tecnologías asociadas a las energías renovables. Por ejemplo, la alta tasa de radiación solar en muchas regiones significa que el país tiene un gran potencial para utilizar la energía solar. Sin embargo, la realidad es bastante diferente ya que presenta un importante déficit en el desarrollo de este sector [1]–[3]. No cabe duda que el sector privado es uno de los más interesados en utilizar e implementar tecnologías que utilicen la energía solar como fuente primaria, ya sea con la instalación de sistemas para generar electricidad o con sistemas térmicos para producir vapor o calentar líquidos. En Colombia, este sector ha venido realizando importantes esfuerzos para desarrollar proyectos que involucren sistemas fotovoltaicos o generación de electricidad a través de plantas de energía solar. Sin embargo, en la actualidad, la capacidad instalada dista mucho del potencial de desarrollo del país [4], [5], por lo que aún dista mucho de los avances de países como Chile, México o España [6]–[9]. Comparemos a Alemania, uno de los países con mayor uso de energía solar en la matriz energética, con Colombia, que recibe un 30% más de radiación solar. Somos conscientes de que aún queda mucho camino por recorrer para estar cerca de los países que mejor han gestionado la implantación de esta tecnología [10]–[12].

Según estudios realizados por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), el potencial energético del departamento de La Guajira es tan grande que utilizando el 20% de su superficie se podrían obtener 42.000 MW de generación eléctrica utilizando energía solar, logrando, además, llevar energía eléctrica a las zonas no interconectadas (ZNI) de dicho departamento y otras regiones vecinas de la región del Caribe [13]. En correspondencia con datos del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para Zonas No Interconectadas (IPPES-ZNI) de Colombia, 90 municipios se encuentran en la ZNI, cubriendo cerca del 52% del territorio nacional. Estos municipios incluyen 32 departamentos, cinco cabeceras departamentales, 39 cabeceras municipales y 1.448 localidades [13], [14].

Colombia tiene un promedio anual de radiación solar del orden de 4,5 kWh/m<sup>2</sup>. Estas condiciones propician la introducción de sistemas solares fotovoltaicos para suplir las necesidades de energía eléctrica con la ayuda de algún tipo de subsidio del gobierno nacional [15], [16]. En 2005 existían aproximadamente 145 sistemas fotovoltaicos, ninguno de ellos presentado a la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), cuya capacidad instalada alcanzó los 208,06 kW; en 2014, había aumentado a aproxi-

madamente 11,6 GW, y en 2015 aumentó en 0,6 GW para un total de aproximadamente 12 GW [17], [18]. Estos datos muestran que el impacto en la matriz energética del país de la generación de electricidad a partir de fuentes renovables fue superficial [19]. Este artículo analiza los principales aspectos relacionados con la introducción de la tecnología solar fotovoltaica en los últimos 14 años en Colombia. Además, se estudia el potencial de la energía solar en las principales ciudades del país para cuantificar los proyectos e inversiones que se han realizado hasta el 2020, las fases de desarrollo de los proyectos vigentes, las estadísticas de los proyectos presentados a la UPME, la revisión de incentivos fiscales, así como variaciones y actualizaciones de todo lo relacionado con las leyes y políticas de uso de energías renovables.

## Energía solar en Colombia

Colombia cuenta con 550 estaciones satelitales automáticas y diferentes puntos de medición de variables atmosféricas ubicadas a lo largo del país, de las cuales 71 realizan mediciones directas, 383 se dedican a realizar mediciones rutinarias de las horas solares promedio y 96 se dedican a realizar mediciones de humedad relativa y temperatura. mediciones. En el caso de la radiación solar a nivel país se recolecta información de todas las estaciones meteorológicas, y en el caso del brillo solar se recolectan datos de 479 estaciones. La UPME ha establecido niveles promedios mensuales y anuales de radiación e irradiancia desde 1981; estos valores se expresan en kilovatios-hora por metro cuadrado (kWh/m<sup>2</sup>) [20].

Como ya se mencionó, las condiciones naturales en Colombia son favorables para la generación de energía eléctrica mediante sistemas solares fotovoltaicos ya que los niveles de radiación durante todo el año se consideran muy buenos. La mayoría de las ZNI del país tienen un recurso de irradiación solar promedio de 194 W/m<sup>2</sup> y una radiación solar promedio diaria de 4,5 kWh/m<sup>2</sup>. Estos valores superan el promedio mundial de 3,9 kWh/m<sup>2</sup> por día [21]. En la Tabla 1 se muestran los datos obtenidos y las características de la ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas instaladas en las principales ciudades del país y el promedio de horas solares en el año [22]. El alto promedio de horas de sol en Colombia es significativo a la hora de invertir en sistemas fotovoltaicos y aprovecharlos. Existiría un mayor periodo de incidencia (tiempo) de la radiación solar en los paneles fotovoltaicos, consecuentemente mayor capacidad de generación de estos. Además, cabe señalar que Colombia se encuentra dentro de la zona ecuatorial, por lo que en gran parte de su territorio no se presenta

el fenómeno estacional, garantizando un recurso promedio de buena radiación solar durante todo el año [23], [24].

**Tabla 1.** *Potencial de irradiancia global media recibida en superficie en las principales ciudades del país [20]*

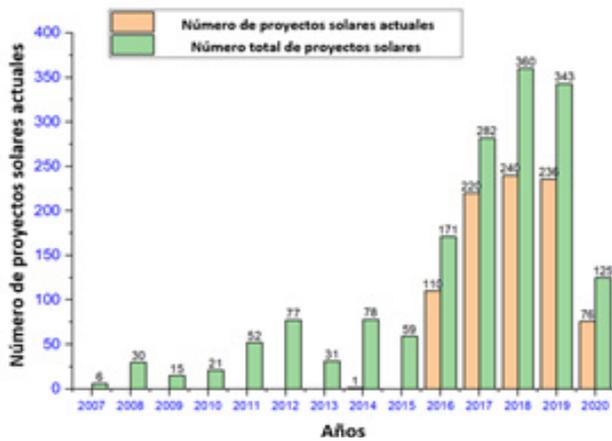
Estación	Municipio	Departamento	Latitud	Longitud	Elevación, masl	Promedio Anual, kWh/m <sup>2</sup> por día
Aeropuerto El Dorado	Bogotá	Cundinamarca	4.71	-74.15	2541	4.0377
Aeropuerto Olaya Herrera	Medellín	Antioquia	6.22	-75.58	1490	4.3351
Las Flores	Barranquilla	Atlántico	11.04	-74.82	2	5.9512
Aeropuerto Rafael Núñez	Cartagena	Bolívar	10.43	-75.5	2	5.5525
UPTC	Tunja	Boyacá	5.55	-73.35	2690	4.6574
Aeropuerto Olaya Herrera	Medellín	Antioquia	6.22	-75.58	1490	4.3351
Univ. Tec. de Magdalena	Santa Marta	Magdalena	11.22	-74.19	7	5.4054
Aeropuerto Vanguardia	Villavicencio	Meta	4.15	-73.62	423	4.7507
Armenia	Armenia	Quindío	4.53	-75.69	1458	3.9338
Aeropuerto Matecaña	Pereira	Risaralda	4.8	-75.73	1342	4.2109
Aeropuerto Gustavo Rojas	San Andrés	San Andrés	12.	-81.7	1	4.8183
Aeropuerto Perales	Ibagué	Tolima	4.42	-75.13	928	4.6632
UniValle	Cali	Valle del Cauca	3.38	-76.53	992	4.3326
Aeropuerto Admiral Padilla	Riohacha	La Guajira	11.52	-72.92	4	5.6058

## Resultado y discusión

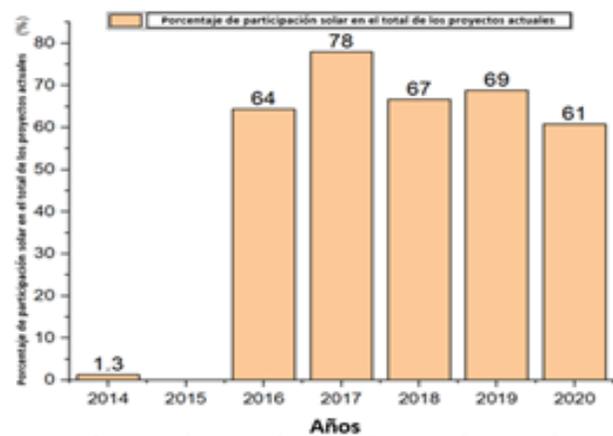
Colombia, aunque lejos de los países que mejor aprovechan la energía solar, ha avanzado en cuanto a la implementación de proyectos de energías renovables en los últimos diez años, especialmente sobre el servicio y aprovechamiento de la energía solar, según un estudio presentado por UPME al 30 de septiembre de 2020. En la Figura 1 se muestra el comportamiento de los proyectos de energías renovables presentados desde el año 2007 al 30 de septiembre de 2020. En el 2014 se presentó el primer proyecto de energía solar logrando un total de 883 a la fecha de referencia, siendo el año 2018 cuando se ejecutaron más proyectos con un total de 240. Estos avances se deben, en gran medida, a la acción del sector privado y al esfuerzo realizado por el gobierno

nacional en la creación y modificación de políticas y leyes que ayuden a dinamizar la implementación de proyectos de energías renovables [25]. La Figura 1 muestra la evolución en la implementación y registro de proyectos ante la UPME, comparando el total de matrículas de proyectos de energía renovable versus el total de proyectos de energía solar registrados. Se evidencia que desde el año 2016 se ha avanzado significativamente en la implementación y aprovechamiento de la energía solar en el territorio nacional, y en el año 2017 se logró el mayor porcentaje de participación en proyectos de energía solar frente a las demás fuentes de energías renovables con un 78%.

La Figura 2 muestra el porcentaje de participación de la energía solar en comparación con los proyectos de energías renovables presentados y registrados ante la UPME. Cuando se desarrolló un solo proyecto de energía solar en 2014, el porcentaje de participación respecto a los proyectos presentados fue del 1,3%. En 2018 se registró el número más significativo de proyectos de energía solar con 240, equivalente al 66,7% del total. Sin embargo, en 201, los proyectos relacionados con la energía solar alcanzaron el mayor porcentaje de participación en comparación con otras fuentes de energía renovable, alcanzando un valor del 78%.



**Figura 1.** *Proyectos totales de energía renovable y energía solar de 2007 a 2020*



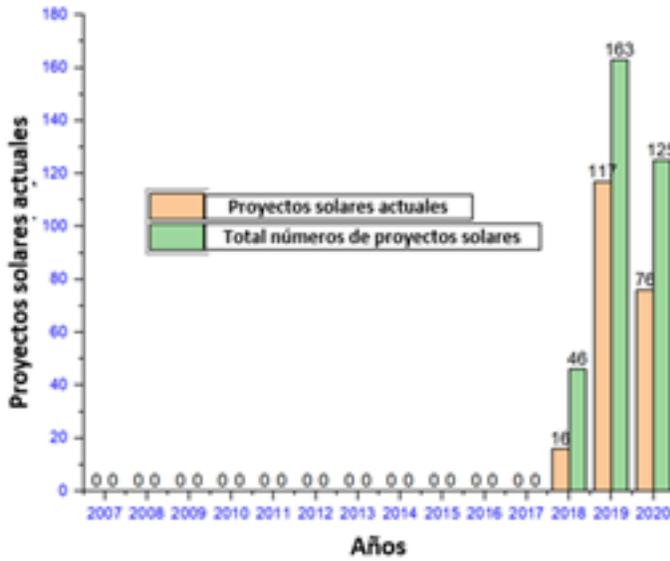
**Figura 2.** *Porcentajes de participación en proyectos con energía solar desde 2014*

Cabe señalar que, en el 2020 a nivel mundial, debido a la crisis generada por la enfermedad del coronavirus (COVID-19), se evidencia una disminución en el registro de proyectos de energías renovables; sin embargo, en Colombia, el registro y desarrollo de proyectos de energía renovable solar tuvo un buen desempeño, alcanzando el 61%

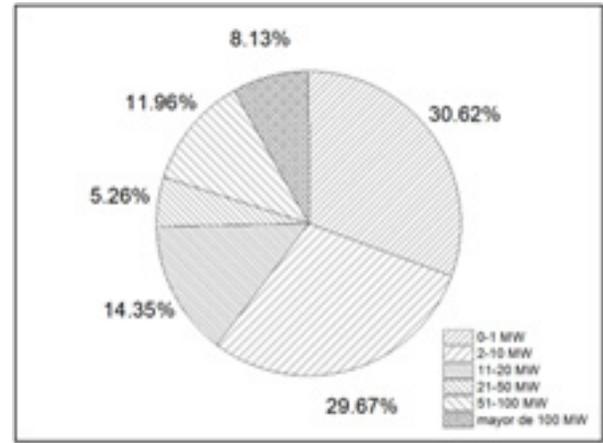
del total de proyectos presentados. Esto demuestra el compromiso del gobierno colombiano y la empresa privada por lograr una matriz energética donde las energías renovables tengan el mayor porcentaje, logrando así un sistema de generación de energía menos invasivo al medio ambiente, donde se fomente el uso y la penetración, en la red nacional de energías no convencionales. fuentes de energía con criterios de sostenibilidad ambiental, social y económica. El objetivo es lograr que al 2030 las energías renovables sean un asunto de utilidad pública, interés social y conveniencia nacional debido a la importancia del uso de estas fuentes no convencionales para la protección del medio ambiente y el uso eficiente de la energía [26].

Los proyectos de energías renovables presentados a la UPME deben cumplir 3 fases, la primera de las cuales corresponde al estudio y análisis de viabilidad técnica y financiera donde se identifican mercados estratégicos que ofrecen oportunidades atractivas de inversión; La segunda etapa corresponde al diseño técnico del proyecto para obtener los permisos, licencias y autorizaciones necesarias para iniciar el proyecto. La última fase corresponde al desarrollo, construcción, montaje e implementación del sistema. Una vez finalizadas estas etapas, se deben realizar los trámites necesarios para certificar que la planta ha sido diseñada de acuerdo al proyecto. En cualquier irregularidad, se deberán justificar y documentar las modificaciones correspondientes. Hasta finales de septiembre de 2020 en Colombia había 146 proyectos de energía solar en fase 1, 59 en fase 2 y 4 en fase 3. La figura 3 compara los proyectos de energía solar que han estado en desarrollo desde 2018 y el total de proyectos que involucran otras fuentes de energía renovable, concluyendo que hay un total de 668 proyectos vigentes, de los cuales 209 corresponden al uso de energía solar, es decir el 31%.

Los 209 proyectos actuales para el aprovechamiento de la energía solar se pueden clasificar según las potencias eléctricas de diseño, Figura 4, observándose que 64 proyectos, correspondientes al 30,62% del total, tienen una potencia nominal entre 0 a 1 MW. Hay 62 proyectos, correspondientes al 29,67% del total, que tienen un valor de potencia entre 2 MW y 10 MW. Estos datos muestran que más del 50% del total de proyectos de energía solar registrados en Colombia corresponden a proyectos con potencia operativa entre 0 MW y 10 MW. Solo 17 proyectos, correspondientes al 8,13%, tienen una potencia de diseño superior a 100 MW.

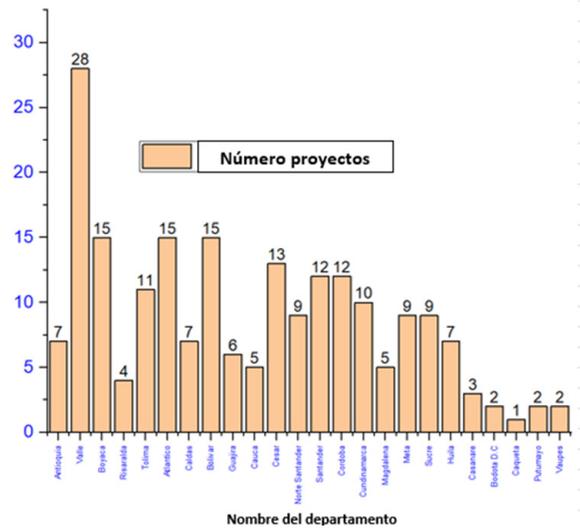


**Figura 3.** Proyectos solares actuales vs total presentado desde 2018



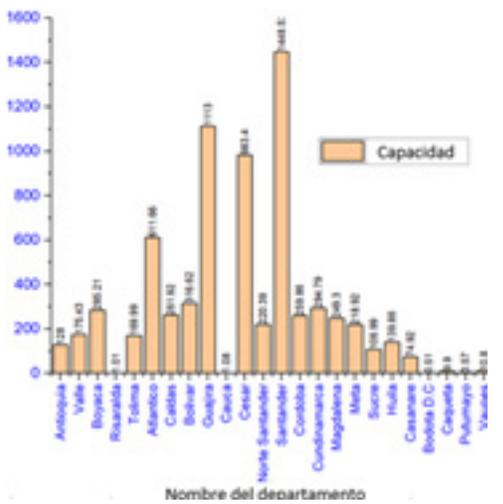
**Figura 4.** Clasificación por rango de potencias eléctricas de diseño de proyectos solares actuales

En 2018 se contó con una capacidad instalada de 2,4 MW de sistemas fotovoltaicos entre el distrito capital y los 32 departamentos que conforman el país. Del valor total de la potencia instalada, existen 1,9 MW que se distribuyen en los departamentos de Cundinamarca, Atlántico, Valle del Cauca, Antioquia y Norte de Santander [20]. Sin embargo, al cierre de 2020, la potencia total de los proyectos de energía solar vigentes ascendía a 7.036 MW, de los cuales 3.095 MW estaban en la fase 1, 3.961 MW en la fase 2 y solo 59 MW en la fase 3. El último valor representa el 48,34% de todos los proyectos de energías renovables registrados en la UPME. La Figura 5 muestra los proyectos de energía solar vigentes en 24 de los 32 departamentos del país, destacando los departamentos de Valle, Atlántico, Boyacá y Bolívar, con 73 proyectos que representan el 35% del total.

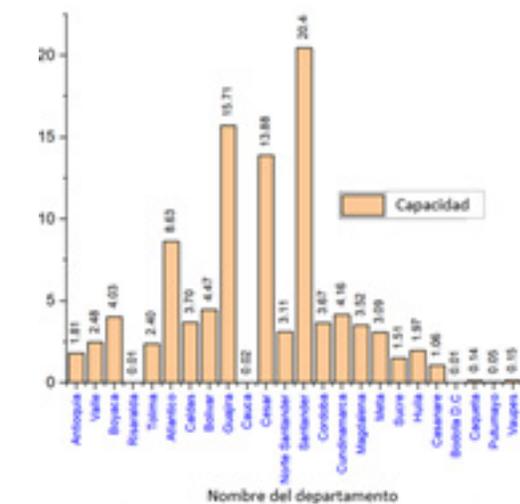


**Figura 5.** Proyectos actuales de energía solar por departamento

El análisis también considera la capacidad instalada total en proyectos de energía solar ejecutados en cada uno de los departamentos de la geografía colombiana. En la Figura 6 se observa que la suma de la potencia eléctrica instalada en Santander, La Guajira, Cesar y Atlántico es de 4.157 MW. Más del 50% de la capacidad instalada total en todos los proyectos que se encuentran actualmente en ejecución en el país. Los departamentos de Risaralda, Cauca, Bogotá D.C. y Putumayo, con un valor de 6,2 MW, son los que tienen menor valor de potencia eléctrica de diseño en los proyectos de energía solar que se ejecutan en sus territorios.



**Figura 6.** Capacidad de potencia eléctrica instalada en cada departamento



**Figura 7.** Porcentaje de capacidad instalada en cada departamento

También es posible incluir cualidades como la integridad de la información que se maneja que depende del objetivo del diseño; la movilidad como la capacidad del agente para moverse en el entorno y moverse a través de una red de nodos de procesamiento para realizar tareas específicas [27], [28]. Otra cualidad es la inteligencia, que permite al agente analizar y ordenar el conocimiento sobre el entorno y utilizarlo adecuadamente. Puede auto-reconfigurarse para adaptarse a su entorno [29], [30]. A pesar de todas estas cualidades, y debido al nivel de complejidad existente en la arquitectura y proceso de la acería, un único agente no da respuesta al problema planteado, por lo que se decide analizar las comunidades de agentes.

Es interesante señalar que el departamento del Valle cuenta con 28 proyectos registrados, equivalentes al 2,48% de la capacidad instalada total a nivel nacional, mientras que el departamento de Santander con 12 proyectos tiene un valor del 20,4%. El departamento de La Guajira, ubicado en la región Caribe colombiana, que tiene un buen potencial energético y un excelente índice de radiación solar, cuenta con solo seis proyectos de energía solar, pero equivalente al 15,71% del total, es decir, aproximadamente 1.113 MW. La Figura 7 muestra el comportamiento porcentual de la capacidad eléctrica instalada en cada departamento, destacando el Atlántico con 15 proyectos en ejecución y una potencia instalada de 611,7 MW, correspondiente al 8,63% de la capacidad instalada total del país.

## Marco regulatorio y políticas

A nivel global, las políticas y marcos regulatorios de cada país se han modificado para facilitar y acelerar la introducción de fuentes de energía renovable (FER). Colombia no ha sido ajena a estos cambios, por lo que se pretende realizar una revisión holística del marco regulatorio, analizando las barreras y oportunidades de mejora para el desarrollo de las RES. En Colombia, según la UPME, la demanda de energía va en aumento. Por lo tanto, los problemas ambientales causados por la generación de electricidad a partir de combustibles fósiles y el agotamiento de los recursos naturales son cada vez mayores. Esta es una de las razones de peso para que el país apueste por la generalización y uso de las RES a través de un marco regulatorio y la creación de entidades estatales encargadas de controlarlas y administrarlas. La Tabla 2 muestra las principales resoluciones y leyes del marco regulatorio colombiano que rigen la política para el desarrollo de FER. Comisión de Regulación de Energía y Gas

El marco regulatorio ha permitido el desarrollo y crecimiento de las energías renovables, tomando como punto de partida la participación de Colombia en el Protocolo de Kyoto sobre cambio climático en 1997, la Ley 629 de 2000 que promueve el uso racional y eficiente de la energía (REUE) y el Decreto 3683 de 2003. Además, para promover la implementación de energías no convencionales en el país, se creó la Ley 1665 de 2013. Finalmente, se estableció la Ley 1715 de 2014 para regular la integración de las energías renovables en el Sistema Energético Nacional (SNE), especialmente en las Zonas No Interconectadas (ZNI), crear incentivos para proyectos de este tipo, por ejemplo, exención del valor agregado (IVA) y reducción del pago del impuesto a la renta.

**Tabla 2. Marco regulatorio colombiano [23]**

Marco regulatorio colombiano	
Resolución CREG 097/2008	• Regulación de la actividad distribución.
Resolución CREG 179/2014 Resolución CREG 095/2015	• Tasa de descuento regulada para la regulación de la actividad de distribución.
Resolución CREG 030-038/2018	• Por la cual se regulan en el Sistema Interconectado Nacional las actividades de pequeña autogeneración y generación distribuida.
Ley 1715/2014 and Decreto 2649/2014	• La integración de las energías renovables no convencionales al sistema colombiano.
Organización Resolución CREG 011/2015 y 063/2010	• Programas de respuesta a la demanda.
Resolución CREG 197/2014, 180/2014, 119/2007	• Por la cual se establecen condiciones especiales para la prestación del servicio de energía eléctrica en zonas de difícil acceso.
Resolución CREG 037/2018	• Regula la actividad de comercialización.
Resolución CREG 038/2014	• Código de medidas y contadores inteligentes.
Resolución CREG 019/2019	• Por la cual se adiciona la Resolución CREG 108 de 1997 sobre los derechos de los usuarios Auto generadores de Pequeña Escala.

## Conclusiones

Esta investigación ha permitido identificar la situación actual en Colombia en cuanto al uso de fuentes renovables de energía mediante el análisis de la evolución que ha tenido el uso de la energía solar durante los últimos 14 años. Por otro lado, es posible identificar el porcentaje de participación de los departamentos líderes en los proyec-

tos vigentes, observándose la participación activa de los departamentos ubicados en el norte del territorio nacional, entre los que destacan La Guajira, Atlántico, Cesar y Santander. afuera. Además, estos mismos departamentos cuentan con la mayor capacidad eléctrica instalada con un valor de 4.157 MW, más del 50% del total registrado en todos los proyectos vigentes. La matriz energética que caracteriza a Colombia depende principalmente del comportamiento de las lluvias para lograr niveles adecuados de agua en los diferentes embalses. Los fenómenos conocidos como El Niño o La Niña alteran el nivel de lluvias y por ende afectan la generación de energía eléctrica en las demás centrales hidroeléctricas que tiene el país, por lo que en muchas ocasiones es necesario que las centrales que fueron respaldadas en una situación de emergencia o anormal y que trabajen con combustibles fósiles. Ante estos escenarios, la introducción, desarrollo e implementación de fuentes de energía renovables son beneficiosas. Cabe señalar que el sistema eléctrico ha venido evolucionando favorablemente en los últimos años, principalmente por la adecuada voluntad de la empresa privada y del gobierno colombiano de promover las FER, por ejemplo, la implementación de la Ley 1715 de 2014 busca diversificar la matriz eléctrica con el objetivo en la inclusión de fuentes renovables a través de incentivos fiscales para quienes desarrollen proyectos de autogeneración y venta de excedentes.

## Referencias

- J. Hernández, E. Sáenz, and W. Vallejo, "Study of the solar resource in the City of Bogotá for the design of residential interconnected photovoltaic systems," *Revista Colombiana de Física*, vol. 42, no. 2, Apr. 2010, doi: 10.1016/j.renene.2019.10.066.
- E. D. Obando, S. X. Carvajal, and J. Pineda Agudelo, "Solar radiation prediction using machine learning techniques: A review," *IEEE Latin America Transactions*, vol. 17, no. 04, pp. 684–697, Apr. 2019, doi: 10.1109/TLA.2019.8891934.
- E. V. Mendoza Merchán, M. D. V. Gutiérrez, D. A. M. Montenegro, J. R. Nuñez Alvarez, and J. W. G. Guerrero, "An analysis of electricity generation with renewable resources in Germany," *International Journal of Energy Economics and Policy*, vol. 10, no. 5, pp. 361–367, Aug. 2020, doi: 10.32479/ijeep.9369.
- E. F. Cantillo and F. Conde, "Commercial and technical diagnosis of photovoltaic sector at Colombian Caribbean region," *Prospectiva*, vol. 9, no. 2, pp. 81–88, 2011.
- A. R. López *et al.*, "Solar PV generation in Colombia - A qualitative and quantitative approach to analyze the potential of solar energy market," *Renewable Energy*, vol. 148, pp. 1266–1279, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.renene.2019.10.066.
- L. M. López-Ochoa, K. Verichev, J. Las-Heras-Casas, and M. Carpio, "Dataset on solar contributions by thermal solar systems in Chile applying Chilean and Spanish regulations," *Data in Brief*, vol. 26, Oct. 2019, doi: 10.1016/j.dib.2019.104505.
- L. Dusonchet and E. Telaretti, "Economic analysis of different supporting policies for the production of electrical energy by solar photovoltaics in western European Union countries," *Energy Policy*, vol. 38, no. 7, pp. 3297–3308, Jul. 2010, doi: 10.1016/j.enpol.2010.01.053.
- H. Zsiborács, G. Pintér, A. Vincze, Z. Birkner, and N. H. Baranyai, "Grid balancing challenges illustrated by two European examples: Interactions of electric grids, photovoltaic power generation, energy storage and power generation forecasting," *Energy Reports*, vol. 7, pp. 3805–3818, Nov. 2021, doi: 10.1016/j.egy.2021.06.007.
- J. Ordóñez, E. Jadraque, J. Alegre, and G. Martínez, "Analysis of the photovoltaic solar energy capacity of residential rooftops in Andalusia (Spain)," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, no. 7, pp. 2122–2130, Sep. 2010, doi: 10.1016/j.rser.2010.01.001.
- S. Shamshirband, T. Rabczuk, and K.-W. Chau, "A survey of deep learning techniques: application in wind and solar energy resources," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 164650–164666, 2019, doi: 10.1109/ACCESS.2019.2951750.
- H. González-Acevedo, Y. Muñoz-Maldonado, A. Ospino-Castro, J. Serrano, A. Atencio, and C. J. Saavedra, "Design and performance evaluation of a solar tracking panel of single axis in Colombia," *International*

- Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE), vol. 11, no. 4, pp. 2889–2898, Aug. 2021, doi: 10.11591/ijece.v11i4.pp2889-2898.
- [12] G. V. Ochoa, J. N. Alvarez, and C. Acevedo, “Research evolution on renewable energies resources from 2007 to 2017: A comparative study on solar, geothermal, wind and biomass energy,” *International Journal of Energy Economics and Policy*, vol. 9, no. 6, pp. 242–253, Oct. 2019, doi: 10.32479/ijeep.8051.
- G. Carvajal-Romo, M. Valderrama-Mendoza, D. Rodríguez-Urrego, and L. Rodríguez-Urrego, “Assessment of solar and wind energy potential in La Guajira, Colombia: Current status, and future prospects,” *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, vol. 36, Dec. 2019, doi: 10.1016/j.seta.2019.100531.
- D. Rodríguez-Urrego and L. Rodríguez-Urrego, “Photovoltaic energy in Colombia: Current status, inventory, policies and future prospects,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 92, pp. 160–170, Sep. 2018, doi: 10.1016/j.rser.2018.04.065.
- A. Vides-Prado et al., “Techno-economic feasibility analysis of photovoltaic systems in remote areas for indigenous communities in the Colombian Guajira,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 82, pp. 4245–4255, Feb. 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.05.101.
- J. Quevedo, J. Ruiz, and D. Gonzalez, “Analysis of a photovoltaic solar installation in accordance to performance parameters of IEC61724,” in *2019 FISE-IEEE/CIGRE Conference - Living the energy Transition (FISE/CIGRE)*, Dec. 2019, pp. 1–6, doi: 10.1109/FISECIGRE48012.2019.8984950.
- UPME and BID, “Integration of non-conventional renewable energies in Colombia,” *Convenio ATN/FM-12825-CO*, 2015.
- K. Palomino, F. Reyes, J. Núñez, G. Valencia, and R. H. Acosta, “Wind speed prediction based on Univariate ARIMA and OLS on the Colombian caribbean coast,” *Journal of Engineering Science and Technology Review*, vol. 13, no. 3, pp. 200–205, 2020, doi: 10.25103/jestr.133.22.
- O. C. Silvera, M. V. Chamorro, and G. V. Ochoa, “Wind and solar resource assessment and prediction using artificial neural network and semi-empirical model: case study of the Colombian caribbean region,” *Heli-*

yon, vol. 7, no. 9, Sep. 2021, doi:

10.1016/j.heliyon.2021.e07959.

UPME, “Electricity generation project records report,” Ministerio de Minas y Energías, Colombia, 2020.

A. M. Aguirre-Mendoza, C. Díaz-Mendoza, and J. Pasqualino, “Renewable energy potential analysis in non-interconnected

islands. Case study: Isla Grande, Corales del Rosario Archipelago, Colombia,” *Ecological Engineering*, vol. 130, pp. 252–262,

May 2019, doi: 10.1016/j.ecoleng.2017.08.020.

B. Espinar et al., “Analysis of different comparison parameters applied to solar radiation data from satellite and German

radiometric stations,” *Solar Energy*, vol. 83, no. 1, pp. 118–125, Jan. 2009, doi: 10.1016/j.solener.2008.07.009.

I. Pagola, M. Gastón, A. Bernardos, and C. Fernández-Peruchena, “A combination of helio-sat-1 and heliosat-2 methods for

deriving solar radiation from satellite images,” *Energy Procedia*, vol. 57, pp. 1037–1043, 2014, doi:

10.1016/j.egypro.2014.10.088.

A. Saavedra, N. A. Galvis, M. Castaneda, S. Zapata, F. Mesa, and A. J. Aristizábal, “Feasibility of using photovoltaic solar energy

for water treatment plants,” *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*, vol. 11, no. 3,

pp. 1962–1968, Jun. 2021, doi: 10.11591/ijece.v11i3.pp1962-1968.

L. M. Cardenas, C. J. Franco, and I. Dyner, “Assessing emissions–mitigation energy policy under integrated supply and demand

analysis: the Colombian case,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 112, pp. 3759–3773, Jan. 2016, doi:

10.1016/j.jclepro.2015.08.089.

J. Arias-Gaviria, S. X. Carvajal-Quintero, and S. Arango-Aramburo, “Understanding dynamics and policy for renewable energy

diffusion in Colombia,” *Renewable Energy*, vol. 139, pp. 1111–1119, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.renene.2019.02.138.

E. Mendoza, P. Fuentes, I. Benítez, D. Reina, and J. Núñez, “Network of multi-hop wireless sensors for low cost and extended

area home automation systems,” *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, vol. 17, no. 4, pp. 412–423,

Sep. 2020, doi: 10.4995/riai.2020.12301.

- J. R. Nuñez et al., “Design of a fuzzy controller for a hybrid generation system,” IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 844, no. 1, May 2020, doi: 10.1088/1757-899X/844/1/012017.
- A. Perez and J. J. Garcia-Rendon, “Integration of non-conventional renewable energy and spot price of electricity: A counterfactual analysis for Colombia,” Renewable Energy, vol. 167, pp. 146–161, Apr. 2021, doi: 10.1016/j.renene.2020.11.067.
- J. R. Nunez Alvarez, I. F. Benitez Pina, A. Rodriguez Martinez, S. Diaz Perez, and D. Luiz de Oliveira, “Tools for the Implementation of a SCADA System in a Desalination Process,” IEEE Latin America Transactions, vol. 17, no. 11, pp. 1858–1864, Nov. 2019, doi: 10.1109/TLA.2019.8986424.

# ACCIONES AGUA, PARA UN USO EFICIENTE

Ángel Raygoza Trejo<sup>1</sup>, Elisa Ortiz Hernández<sup>\*2</sup>, José Arturo Martín Tereso<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán UNAM, [angel.raygoza@cuautitlan.unam.mx](mailto:angel.raygoza@cuautitlan.unam.mx)

<sup>2\*</sup>Universidad Tecnológica de Tula, Tepeji, [elisa.ortiz@utt.edu.mx](mailto:elisa.ortiz@utt.edu.mx)

## Resumen

La disponibilidad de agua potable se ha vuelto un tema muy crítico esto está provocando problemas muy serios de salud pública, pues, la Organización de las Naciones Unidas, esto afecta a más del 40% de la población mundial y se prevé que este porcentaje aumente y lo más delicado: aproximadamente 1.800 millones de personas en todo el mundo utilizan una fuente de agua potable que está contaminada por restos fecales, además las enfermedades relacionadas con el agua y el saneamiento siguen estando entre las principales causas de fallecimiento de niños menores de 5 años; más de 800 niños mueren cada día por enfermedades diarreicas asociadas a la falta de higiene.

Para el año 2050, se predice que entre 4.800 millones y 5.700 millones de personas vivirán en áreas con estrés hídrico durante al menos un mes al año, frente a los 3.600 millones actuales.

Un desafío muy importante para la humanidad es que se debe hacer para evitar un estrés hídrico que afecte a todo el planeta, el objetivo de esta investigación es proponer acciones agua, para su uso eficiente en casa e industria y lugares públicos.

**Palabras clave:** disponibilidad, estrés, acciones, eficiente, reutilización.

---

## Antecedentes

La situación que desde hace varios años ha venido creciendo no nada más en México, si no en gran parte del mundo, es la falta o poca disponibilidad de agua potable, el acceso a ella cada vez es más crítico, esto se asienta más en las temporadas de estiaje, se sabe que sin el agua no hay vida, no hay desarrollo, no hay estabilidad, por alguna razón ahora el agua cotiza en la bolsa de valores. Durante la independencia, la labor hidráulica cobró nuevo auge. En primer lugar, para subsanar problemas de desabasto a las principales ciudades y después para el desarrollo de la actividad agrícola de los particulares. Al término de la Revolución Mexicana, los gobiernos recogieron el pensamiento y la demanda social de aprovechar en forma benéfica los recursos hídricos nacionales, especialmente para el fomento de la agricultura y el bienestar del agro mexicano. Fue así que, a partir de los principios rectores establecidos en la Constitución de 1917, se promulgó la Ley de Aguas de Riego de 1926 y se creó, en ese mismo año, la Comisión Nacional de Irrigación (CNI).

Cuando la obra hidráulica siguió en marcha requiriendo un nuevo marco de política hídrica, nuevas leyes e instituciones que permitieran hacer frente a nuevos retos en su tarea de hacer del agua, un factor de progreso en el país, por lo que en 1972 se promulgó la Ley Federal de Aguas y en 1975 se formuló el primer Plan de Aguas Nacionales. Y después en 1980, es el inicio de la Gestión ambiental y a partir de ese momento, al abordar el tema del agua hay que hacer referencia a las políticas ambientales, pues es ahí precisamente, donde se encuentra el origen de la actual visión gubernamental en la gestión hídrica en México. En 1988 se crea la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA), misma que ha funcionado como el instrumento fundamental de operación de la política ambiental hasta nuestros días. En 1989, en materia de agua se crea la Comisión Nacional del Agua CONAGUA para convertirse en la única autoridad federal para el manejo de problemas y conflictos relacionados con el agua en nuestro país.

Con estas acciones México se encamina a promover una Cultura de Agua, pero se considera no suficiente, en los tiempos actuales se deben impulsar acciones y estrategias que hagan un uso eficiente de agua potable, solo utilizándola en actividades que así lo requieren.

## Objetivo

Proponer acciones y estrategias para tener un uso eficiente de agua potable en nuestras comunidades.

## Acciones agua para un uso eficiente

En este apartado se propone un protocolo de acciones y estrategias para lograr el objetivo, tener agua potable disponible en nuestras actividades cotidianas.

Estas acciones son puntuales que se describen son puntuales, pero en especial se propone una que pueda ayudar a tener disponibilidad de agua potable en instituciones públicas, escuelas, edificios públicos donde la afluencia de personas es considerable.

Según la ONU y la Fundación AQUAE, se pronostica que para el año 2050, habrá 240 millones de personas sin acceso a agua potable, gráfico 1.



**Figura 1.** ¿Cuál será la situación del agua en el mundo en 2050? Fuente ONU, FUNDACIÓN AQUAE

Cómo se observa en la figura 1, el pronóstico es bastante crítico, y aunque actualmente quizás muchos de nosotros no estemos, si debemos por humanidad hacer algo realmente sostenible. Como lo dice la agenda 20-30 dentro sus objetivos de desarrollo sostenible en el numeral 6: Agua limpia y saneamiento, que dice, “Garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos”.

Por esta razón y más actuemos desde nuestras casas, lugares de trabajo, esparcimiento, lugares públicos, escuelas para una acción sostenible del agua el protocolo de acciones es:

- 1.- Usemos agua potable solo para actividades esenciales, (higiene personal, elaboración de alimentos).
- 2.- Dúchate en vez de bañarte, utilicemos regaderas ahorradoras, o ¿porque no?, bañarnos de a jicarazo.
- 3.- Cierra el grifo o la válvula mientras...te lavas los dientes, lavas trastes o utensilios de trabajo.
- 4.- El inodoro NO es una papelera, cada vez que usamos el inodoro gastamos entre 9 y 10 litros de agua a veces, para arrastrar solo una colilla o un papelito, pon una papelera en el baño y úsala.
- 5.- Fugas o goteras de agua: No, mejor repara las fugas de agua. Las válvulas que gotean pueden llegar a gastar en un año 11.000 litros de agua, fugas en el depósito del inodoro pueden suponer más de 100 litros de agua al día.
- 6.- A carga completa, utilicemos la lavadora y el lavavajillas siempre llenos y si puedes dejar de usar la secadora, mejor, ahorrarás agua y electricidad. El consumo de agua en la colada suele ser el 20% de nuestro consumo total en el hogar.
- 7.- Si tienes jardín o plantas de exterior que regar, hazlo por la noche. Al regar durante el día puedes perder hasta el 30% por la evaporación.
- 8.- Que los autolavados solo utilicen agua tratada para su trabajo.
- 9.- Promover una cultura de Uso eficiente de agua potable en la población, escuelas, centros de trabajo, centros comerciales.
- 10.- Y una más..... “Que los sanitarios de uso público, industrias, escuelas y centros comerciales solo utilicen agua tratada para la descarga de excusados y riego de áreas verdes.

## Resultados y discusión

Los resultados que se pronostican pueden ser vistos como ejercicio de la siguiente manera y nos dará el impacto que pueda tener a nivel local, estatal y porque no a nivel mundial.

Se considera en un edificio público donde trabajan 50 personas sin considerar los eventuales que llegan, cada persona en promedio va por lo menos de 4 a 6 veces al sanitario y en cada descarga utiliza 5 litros de AGUA POTABLE, ¿Cuánto volumen de agua potable utiliza en un día cada persona?

$$5 \text{ litros} * 4 \text{ descargas} = 20 \text{ litros/jornada laboral.}$$

Ahora, si lo multiplicamos por el total de personas:

$$20 \text{ litros/jornada laboral} * 50 \text{ personas} = 10,000 \text{ litros/jornada laboral.}$$

Son 10,000 litros de agua potable en un solo edificio público o industria o escuela, esto sin considerar que desafortunadamente la mayoría de los sanitarios públicos no cuentan con inodoros sustentables, y aunque si lo fuera es criminal utilizar agua potable para esta actividad.

Por eso la propuesta es utilizar agua tratada de calidad NOM-003-SEMARNAT-1997, Agua para uso y contacto humano. En edificios públicos, escuelas, centros comerciales y autolavados.

## Conclusiones

No es fácil realizar esto, pero se debe tener en mente que es factible, y que solo pensemos esto, que pasaría si se quedaran sin agua solo un día, ni para realizar nuestras necesidades básicas, ni para beber agua, preparar alimentos, lavar y hacer limpieza, esto solo en casa, ahora en la escuela, industria, servicios públicos, gobierno.

## Agradecimientos

Esta investigación viene de tiempo atrás, hace 15 años y solo quiero agradecer a estos espacios académicos para su difusión.

## Referencias

- Hernández Rivera, E. H., & Montero Medel, G. A. (2009, julio). Manual de pruebas a instalaciones sanitarias. [http://www.agua.unam.mx/assets/pumagua/manuales/manual\\_sanitarios.Pdf](http://www.agua.unam.mx/assets/pumagua/manuales/manual_sanitarios.Pdf). Recuperado 12 de noviembre de 2022, de [http://www.agua.unam.mx/assets/pumagua/manuales/manual\\_sanitarios.pdf](http://www.agua.unam.mx/assets/pumagua/manuales/manual_sanitarios.pdf)
- Robles, M., Näslund-Hadley, E., Ramos, M. C., & Paredes, J. R. (2018). Proceso Regional de Las Américas Foro Mundial del Agua (2018). <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Manejo-Sostenible-Del-agua.Pdf>. Recuperado 12 de noviembre de 2022, de [https://environment.fiu.edu/where-we-work/freshwater/unesco-chair/assets/proceso\\_regional\\_de\\_las\\_americas\\_foro\\_mundial\\_del\\_agua\\_2018\\_informe\\_subregional\\_sudamerica\\_es\\_es.pdf](https://environment.fiu.edu/where-we-work/freshwater/unesco-chair/assets/proceso_regional_de_las_americas_foro_mundial_del_agua_2018_informe_subregional_sudamerica_es_es.pdf)
- Raygoza, Ángel. (2007). Uso eficiente del agua potable para una mejor distribución y suministro en el municipio de Cuautitlán Izcalli, Estado de México. [https://tesiunam.dgb.unam.mx/F/UKV1XMUY9B7RTT7CPMP9G8NNV3QXJSMHNPAH8B9EHSI-P3Y89K7-28505?Func=find-b&localbase=TES01&request=uso+eficiente+del+agua+potable+para+una+mejor+distribuci%C3%B3n+y+suministro+en+el+municipio+de+cuautitl%C3%A1n+izcalli%2C+estado+de+m%C3%A9xico&find\\_code=WRD&adjacent=N&filter\\_code\\_2=WYR&filter\\_request\\_2=&filter\\_code\\_3=WYR&filter\\_request\\_3=](https://tesiunam.dgb.unam.mx/F/UKV1XMUY9B7RTT7CPMP9G8NNV3QXJSMHNPAH8B9EHSI-P3Y89K7-28505?Func=find-b&localbase=TES01&request=uso+eficiente+del+agua+potable+para+una+mejor+distribuci%C3%B3n+y+suministro+en+el+municipio+de+cuautitl%C3%A1n+izcalli%2C+estado+de+m%C3%A9xico&find_code=WRD&adjacent=N&filter_code_2=WYR&filter_request_2=&filter_code_3=WYR&filter_request_3=) . <https://tesiunam.dgb.unam.mx>
- Connor, R., & Mileto, M. (s. f.). Informe mundial de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los .. WWW.UNESCO.ORG UNESCO UNESD. Recuperado 12 de noviembre de 2022, de [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380726\\_spa](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000380726_spa)
- Agua: Panorama general. (s. f.). <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/Overview>. Recuperado 12 de noviembre de 2022, de <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>
- El agua en 2050: escasez en el futuro - Fundación Aequae. (s. f.). <https://www.fundacionaqua.org/el-Agua-En-2050/#:~:Text=El%20agua%20en%202050%20ser%C3%A1%20todav%C3%ADa%20m%C3%A1s%20escasa&text=B%C3%A1sicamente%20el%2040%25%20de%20la,un%20periodo%20determinado%20de%20tiempo>. Recuperado 12 de noviembre de 2022, de <https://www.fundacionaqua.org/el-agua-en-2050/>
- Cuidemos el agua en familia | Comisión Nacional del Agua. (2017, octubre 9). <https://www.gob.mx/conagua/articulos/cuidemos-El-Agua-En-familia?Idiom=es>. Recuperado 12 de noviembre de 2022, de <https://www.gob.mx/conagua/articulos/cuidemos-el-agua-en-familia?idiom=es>

# DISOLVENTES VERDES PARA EL DISEÑO DE UN PROCESO DE FRACCIONAMIENTO LIGNOCELULÓSICO

*Carlos Manuel Cruz-Segundo<sup>1\*</sup>, Raymundo Sánchez-Orozco<sup>1</sup>, Beatriz Timoteo-Cruz<sup>2</sup>, José Juan García-Sánchez<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *División de Ingeniería Química, Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán, Carretera Toluca-Atlacomulco Km. 44.8, Ejido de San Juan y San Agustín, Jocotitlán, 50700, Estado de México, México.*

<sup>2</sup> *Centro Conjunto de Investigación en Química Sustentable, Facultad de Química, Universidad Autónoma del Estado de México, Carretera Toluca-Atlacomulco Km. 14.5, Toluca, 50200, Estado de México, México.*

[r.sanchez@tesjo.edu.mx](mailto:r.sanchez@tesjo.edu.mx), [cruzsegundo.carlosmanuel@gmail.com](mailto:cruzsegundo.carlosmanuel@gmail.com)

## Resumen

Las biorrefinerías constituyen procesos sostenibles de conversión de biomasa a productos de valor agregado. En este contexto, disolventes verdes como los líquidos iónicos (LI's) pueden emplearse para producir disoluciones homogéneas de lignocelulosa. Por lo tanto, el presente trabajo tiene como objetivo modelar la disolución de celulosa, hemicelulosa y lignina en los LI's [Bmim]Cl, [Emim]Cl, [Emim]Ac, [Amim]Cl y [Bmim]Br. Inicialmente, se estimó la interacción molecular soluto-disolvente utilizando el modelo de cribado tipo conductor para solvatación real (COSMO-RS). De acuerdo con los resultados predichos por COSMO-RS, el LI con mejor capacidad de disolución fue [Emim]Ac, mismo que se utilizó para simular la disolución de los componentes lignocelulósicos en el simulador de procesos químicos Aspen Plus. El sistema modular secuencial propuesto involucró tres etapas: disolución, regeneración y recuperación de solventes, se logró separar 1.53 kg/h de hemicelulosa, 2.95 kg/h de celulosa y 0.56 kg/h de lignina partiendo de una carga de biomasa equivalente a 5 kg/h. En la corriente de producto final, se logró una recuperación del 77.5% del EmimAc alimentado.

**Palabras clave:** Líquidos iónicos, lignocelulosa, simulación, COSMO-RS, Aspen Plus.

## Antecedentes

Debido al aumento de la necesidad de recursos derivados del petróleo para la producción de productos químicos y combustibles, se ha prestado una gran atención a la utilización de recursos renovables como una alternativa a los recursos fósiles (Haldar *et al.*, 2020). En este sentido, la biomasa se considera un recurso neutral de carbono, por lo que, la transformación de dicho material en combustibles y productos químicos ha demostrado un gran interés. A esta integración de procesos de conversión de biomasa y equipamiento para producir combustibles, energía y productos químicos a partir de la biomasa se ha denominado biorrefinería (Liu *et al.*, 2018). La celulosa es el carbohidrato más abundante, y consiste en unidades de glucosa conectadas por enlaces  $\beta$ -1,4-glicosídicos fuertemente conectados por el abundante empaquetamiento de las cadenas de celulosa en las microfibras. Por lo tanto, la celulosa casi no muestra solubilidad en la mayoría de los solventes comunes, lo que dificulta la transformación de la celulosa en productos químicos de valor agregado (Mesa *et al.*, 2020).

Los líquidos iónicos, que consisten en aniones y cationes específicos, pueden disolver la celulosa al destruir los enlaces de hidrógeno en la celulosa (Semerci *et al.*, 2021). Se ha demostrado que los líquidos iónicos pueden disolver estos compuestos de la biomasa lignocelulósica tomando en cuenta fundamentalmente el tipo de material, temperatura y tiempo de disolución, relación estequiometría con el soluto, humedad, viscosidad y tamaño de partícula (Mesa *et al.*, 2020). Para aprovechar la energía de la biomasa, se requiere una fragmentación particular de sus componentes en las primeras etapas, lo que contribuye al alto costo de los procesos de utilización debido a su estructura bien protegida (Zakaria *et al.*, 2017).

La despolimerización de los biopolímeros es un paso crucial para la producción de combustibles a partir de recursos renovables. En general, la biomasa lignocelulósica representa un recurso potencial para la obtención de biocombustibles, sin embargo, posee una estructura muy compleja formada por los tres componentes principales: celulosa, hemicelulosa y lignina, unidos a través de enlaces covalentes y de hidrógeno (Timoteo *et al.*, 2022). La red que forman estos componentes es altamente resistente a los ataques químicos y microbianos y, por lo tanto, dificulta las conversiones químicas requeridas (Sorn *et al.*, 2019). Se puede habilitar una conversión química disolviendo en solventes apropiados. Por ejemplo, los líquidos iónicos (LI) que han sido un centro de investigación científica como disolventes alternativos (Amini *et al.*, 2021). A diferencia de los disolventes orgánicos volátiles convencionales, estos tienen una presión

de vapor muy baja. Por lo tanto, los LI a menudo se consideran una alternativa ecológica a los disolventes actuales (Brandt *et al.*, 2017). Debido a la multitud de cationes y aniones, y la posibilidad de combinarlos virtualmente según sea necesario, hay una gran cantidad de LI disponibles.

Estudios previos han demostrado que varios LI son apropiados para la disolución de la celulosa como uno de los principales componentes de la biomasa lignocelulósica (Halder *et al.*, 2019). Pero dado que los cambios relativamente ligeros en la constitución química de los LI conducen a cambios drásticos en sus propiedades físicas, por lo que es probable que haya LI que sean más adecuados para la disolución de celulosa que los encontrados hasta ahora

(Mesa *et al.*, 2017). Con respecto al enorme número de posibles LI, un estudio experimental es necesario para un pequeño número de compuestos seleccionados. Por lo tanto, es importante una preselección inicial mediante herramientas computacionales para un proceso de selección eficiente (Glińska *et al.*, 2021). Estas herramientas deben cumplir dos requisitos: ofrecer una visión rápida de la idoneidad de un gran número de candidatos y ofrecer predicciones fiables sobre las propiedades de los compuestos que aún no se han sintetizado. Por lo tanto, se necesita una herramienta que permita la predicción de una propiedad termodinámica deseada a partir de la estructura molecular elegida y en consecuencia, diseñar y optimizar el LI correspondiente (da Costa *et al.*, 2018).

El método COSMO-RS (modelo de cribado tipo conductor para solvatación real) permite realizar una predictibilidad completa a partir de un cálculo químico cuántico subyacente de cargas superficiales moleculares en un conductor ideal. Aparte de su predictividad, que se basa únicamente en información relativa a la estructura molecular, la principal ventaja de COSMO-RS es su velocidad de trabajo. El potencial químico de las especies en una mezcla dada se puede calcular en milisegundos en una PC promedio (si el archivo COSMO que contiene la distribución de carga superficial de una molécula está presente) reduciendo la termodinámica de la mezcla a la interacción de una mezcla de segmentos superficiales. Esta velocidad permite un cribado con respecto a la propiedad deseada sobre numerosos componentes y mezclas puras dentro de tiempos de cálculo razonables, y por lo tanto contribuye al alto potencial de COSMO-RS como herramienta para fines de diseño (Chu *et al.*, 2019).

## Objetivo

Utilizar el método COSMO-RS (modelo de cribado tipo conductor para solvatación real) para la predicción de propiedades termodinámicas y de equilibrio de fases de líquidos iónicos puros para su implementación en un proceso de biorrefinería en Aspen Plus.

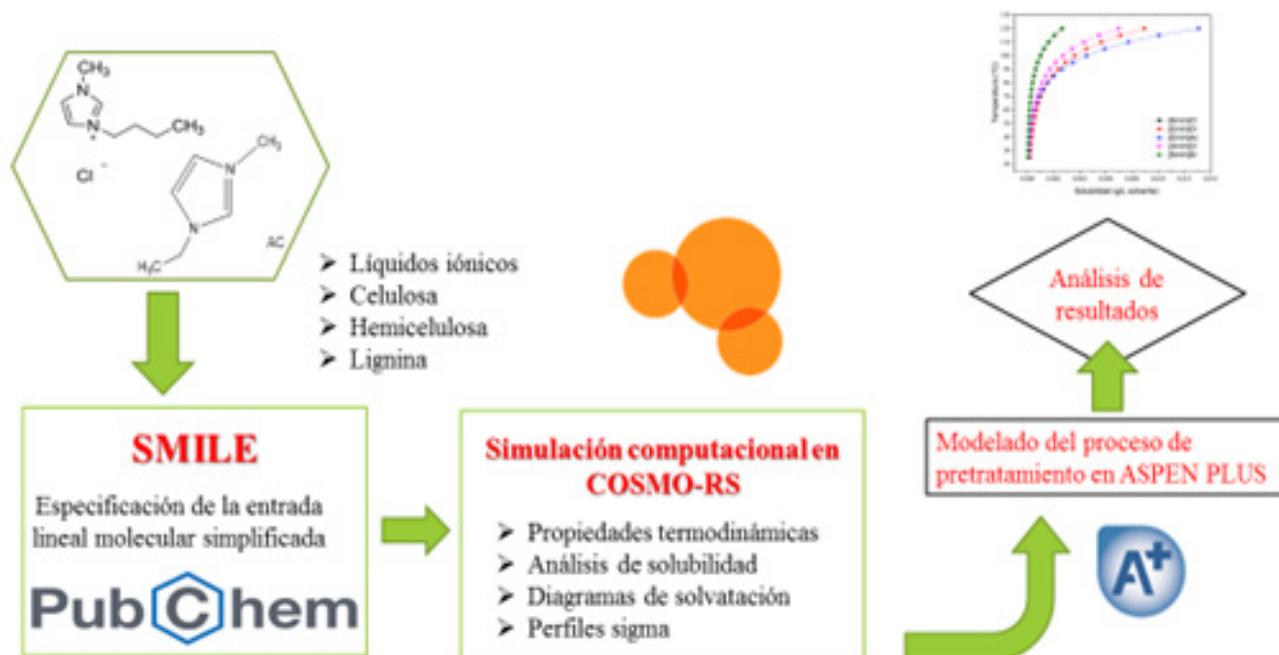
## Metodología

### *Predicción de propiedades fisicoquímicas, interacción solvente-soluto y selección del disolvente*

Para describir el comportamiento electrostático de los disolventes se eligió el modelo COSMO-RS, a través del cual se ingresó la línea de entrada molecular simplificada “SMILE” de cada uno de los compuestos y así determinar sus propiedades fisicoquímicas. Posteriormente, se estudió la interacción de los LI's [Bmim]Cl, Emim]Cl, [Emim]Ac, [Amim]Cl y [Bmim]Br en la celulosa, hemicelulosa y lignina. De esta manera, para identificar el LI con mejor capacidad de disolución se generó el perfil de solubilidad. Posteriormente para ampliar el estudio se determinaron los diagramas de solvatación y el estudio de perfiles sigma (Figura 1).

## Modelado del proceso de pretratamiento

Para simular la solubilización de los componentes lignocelulósicos con el líquido iónico seleccionado, se empleó el simulador de procesos químicos Aspen Plus V11. Inicialmente se construyó un diagrama de flujo de procesos que involucró tres etapas: i) disolución; ii) regeneración y iii) recuperación de solvente. Debido a que la base de datos de Aspen Plus no contiene líquidos iónicos, previamente se evaluaron las propiedades fisicoquímicas a través del simulador molecular COSMO-RS y posteriormente, dichas propiedades se trasladaron a la base de datos de Aspen Plus. Enseguida, se establecieron las condiciones de operación de cada unidad de proceso y así mismo, se definió la composición de las corrientes de entrada con base en la información de estudios previos (Balchandani et al., 2021).

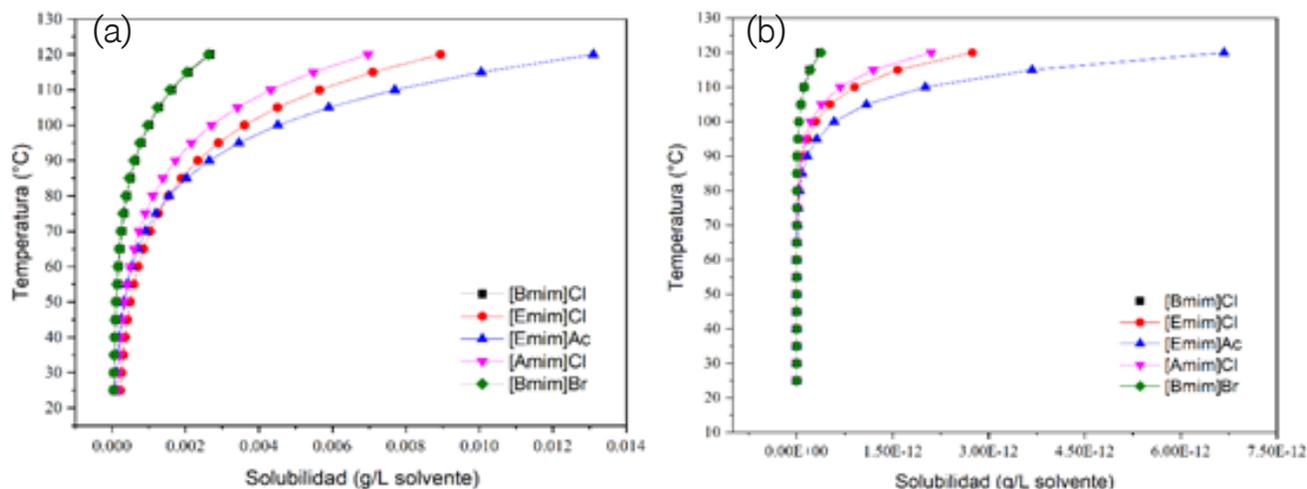


**Figura 1.** Diagrama de flujo del proceso de disolución con líquido iónico.

## Resultados y discusión

### *Análisis de solubilidad en líquidos iónicos vía CSOMOS-RS*

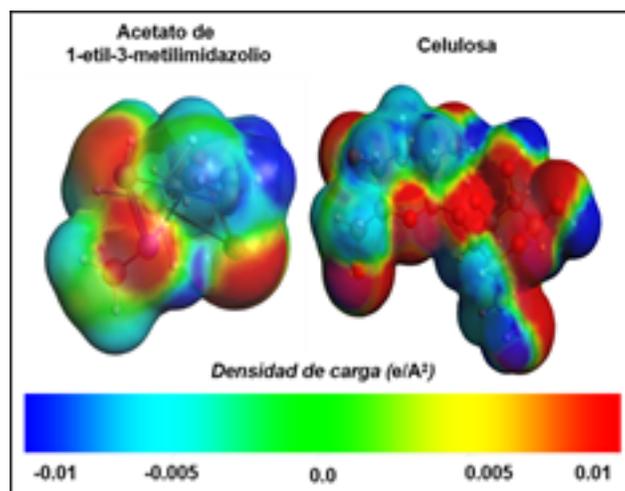
Se realizó las estimaciones de la solubilidad de celulosa (Figura 2a) y hemicelulosa (Figura 2b), esta evaluación se estimó en un intervalo de temperatura de 25 a 120 °C. Se puede observar que el grado de solubilidad en los tres casos incrementa a medida que la temperatura lo hace y que la eficiencia de los líquidos iónicos para el solubilizar celulosa, hemicelulosa y lignina tiene el siguiente orden [Emim]Ac > [Emim]Cl > [Amim]Cl > [Bmim]Cl > [Bmim]Br. De acuerdo con el análisis realizado a través del método COSMO-RS se identificó que el [Emim]Ac fue el líquido iónico que presentó una mejor capacidad de disolución en celulosa y hemicelulosa.



**Figura 2.** Perfiles de solubilidad para celulosa (a) y hemicelulosa (b) en LI's

### Distribución de carga a nivel molecular

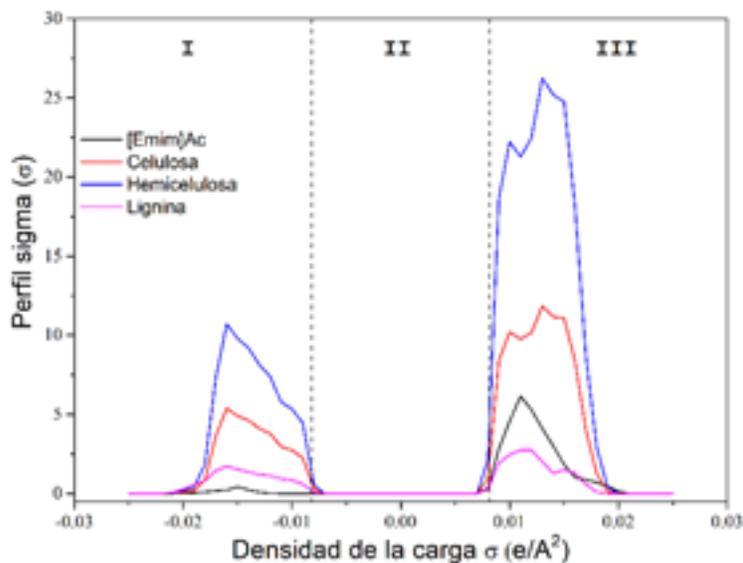
En la Figura 3 se muestra el diagrama de solvatación en 3D de la celulosa y el líquido iónico acetato de 1-etil-3-metilimidazolio ([Emim]Ac). La distribución de carga se analizó de forma cualitativa y fue posible observar la capacidad de cada componente de manera independiente para ceder o recibir enlaces de hidrógeno. Así, para dilucidar la formación de nuevos enlaces hidrógeno entre disolvente y soluto, se evaluó en términos de perfiles sigma con el propósito de estudiar las bondades de cada uno de los compuestos para ceder o recibir enlaces de hidrógeno. En dichos diagramas se observa que la distribución de carga va de  $-0.01 e/A_2$  color azul (carga negativa) a  $+0.01 e/A_2$  color rojo (carga positiva), mientras que la parte no polar se muestra en los colores verde y amarillo. Así mismo, la celulosa presenta una región de mayor carga positiva, lo que evidencia una alta capacidad para ceder enlaces de hidrógeno, esto debido a la composición de su estructura molecular, la cual está conformada por cadenas de monosacáridos unidas por puentes de hidrógeno. Es evidente que el líquido iónico, presenta una región con mayor carga negativa, convirtiéndose en el receptor de enlaces de hidrógeno provenientes de la biomasa y promoviendo de esta manera la separación de la celulosa, hemicelulosa y lignina.



**Figura 3.** Diagramas de solvatación generados en COSMO-RS para [Emim]Ac y celulosa.

### Estudio de perfiles sigma

Los perfiles sigma son una herramienta de análisis que permitió interpretar cualitativamente las interacciones soluto–disolvente a través de la distribución de carga superficial asociada a la estructura molecular de los componentes involucrados. De esta manera, fue posible ampliar el análisis cuantitativo de selectividad y coeficiente de distribución proporcionado por COSMO-RS.

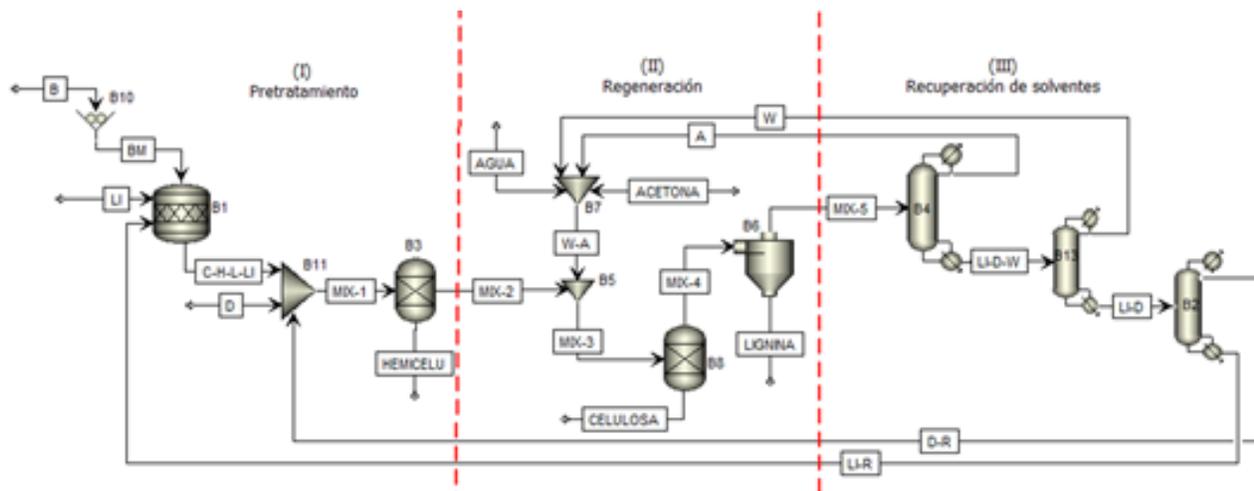


**Figura 4.** Perfiles sigma ( $\sigma$ ) de [Emim]Ac, celulosa, hemicelulosa y lignina.

En la Figura 4 se aprecia que el líquido iónico [Emim]Ac tiene dos picos, el de mayor magnitud corresponde a la zona de carga positiva, lo que lleva a inferir que el [Emim]Ac tiene mejor capacidad para formar enlaces de hidrógeno, ya que en la región dadora de enlaces de hidrógeno el pico es menos intenso. La capacidad que presenta este LI para formar enlaces de hidrógeno se debe a que en su estructura presenta el anión Ac-, mientras que en el caso de la celulosa, hemicelulosa y lignina de acuerdo con la ubicación de los picos, se encuentran tanto en la parte positiva como negativa, es decir, son compuestos con la capacidad de ceder como de recibir enlaces de hidrógeno. Al comparar la capacidad de los compuestos para ceder o recibir enlaces de hidrógeno de acuerdo con los perfiles sigma y los diagramas de solvatación, se infiere que el líquido iónico [Emim]Ac es un buen disolvente para la extracción de la celulosa, hemicelulosa y lignina de materiales lignocelulósicos y que estos a su vez pueden ser convertidos a productos de valor agregado.

### **Modelado del proceso de pretratamiento en ASPEN PLUS**

Se consideró una base de cálculo de 50 kg/h de BL que ingresan a un molino (B10), después de la etapa de disolución se obtuvieron 15.3 Kg/h de hemicelulosa (separador B3), al final de la etapa de regeneración (separador B8) se obtuvieron 29.5 kg/h de celulosa y 5.6 kg/h de lignina (B6). Inicialmente se alimentó una carga de 500 kg/h de LI al reactor B1, donde también ingresa una corriente de recirculación que contiene LI con una pureza del 77.5% y que proviene de la columna B2. En el caso del DMSO (reductor de viscosidad), ingresaron 100 kg/h (mezclador B11), así como una corriente de recirculación que posee una pureza del 85.25% de DMSO proveniente de la columna B2. Finalmente, en la etapa de regeneración, el caudal de entrada de agua es de 100 kg/h (mezclador B7), así como una corriente de recirculación con 91.9% de agua que proviene de la columna B13. En el caso de la acetona, ingresó con un caudal de 100 kg/h al mezclador. En general el proceso involucró tres etapas: pretratamiento, regeneración y recuperación de solventes.



**Nomenclatura:** B: Biomasa, BM: Biomasa molida, C: celulosa, H: hemicelulosa L: lignina, LI: líquido iónico [Emim]Ac, D: dimetil sulfoxido, A: acetona, W: agua, MIX-1: C-H-L-LI-D, MIX-2: C-LI-D, MIX-3: C-LI-D-A-W, MIX-4: LI-D-A-W, D-R: D recirculado, L-R: L recirculado, A-R: A recirculada, W-R: W recirculada.

**Figura 6.** Diagrama de flujo del proceso de disolución de biomasa lignocelulósica con [Emim]Ac.

## Conclusiones

La simulación del proceso integrado demostró ser una herramienta muy útil para seleccionar el líquido iónico más adecuado para el fraccionamiento de biomasa de acuerdo con sus propiedades fisicoquímicas y su capacidad de disolver materiales lignocelulósicos. Además, esto permite la reducción de tiempos y experimentos en la identificación del líquido iónico más adecuado para el fraccionamiento de la biomasa lignocelulósica con el objetivo de extraer sus principales componentes lignocelulósicos (celulosa, hemicelulosa y lignina).

En este trabajo, se evaluó el potencial de cribado de LI basado en el método COSMO-RS con respecto a su poder de disolución. Los factores clave de la disolución de componentes lignocelulósicos en los LI seleccionados fueron las interacciones dominantes de enlaces H y fuerzas de van der Waals, que resumen las múltiples interacciones de solvatación y se caracterizan en su conjunto por las propiedades termodinámicas calculadas en COSMO-RS. Por lo tanto, la aplicación de COSMO-RS/Aspen Plus es una herramienta relativamente barata desde el punto de vista computacional una vez que se dispone de la información necesaria y adecuada para un análisis cuantitativo rápido.

## Agradecimientos

Al Tecnológico de Estudios Superiores de Jocotitlán por proporcionar los espacios necesarios para la realización de este trabajo de investigación.

## Referencias

- Amini, E., Valls, C., Roncero, M.B., 2021. Ionic liquid-assisted bioconversion of lignocellulosic biomass for the development of value-added products. *J Clean Prod* 326, 129275. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129275>
- Balchandani, S., Singh, R., 2021. Thermodynamic analysis using COSMO-RS studies of reversible ionic liquid 3-aminopropyl triethoxysilane blended with amine activators for CO<sub>2</sub> absorption. *J Mol Liq* 324, 114713. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.114713>
- Brandt, A., Gschwend, F., Fennell, P., Lammens, T.M., Tan, B., Weale, J., Hallett, J., 2017. An economically viable ionic liquid for the fractionation of lignocellulosic biomass. *Green Chem* 19, 3078–3102. <https://doi.org/10.1039/c000000x/>
- Chu, Y., He, X., 2019. MoDooop: An Automated Computational Approach for COSMO-RS Prediction of Biopolymer Solubilities in Ionic Liquids. *ACS Omega* 4, 2337–2343. <https://doi.org/10.1021/acsomega.8b03255>
- da Costa Lopes, A.M., Lins, R.M.G., Rebelo, R.A., Lukasik, R.M., 2018. Biorefinery approach for lignocellulosic biomass valorisation with an acidic ionic liquid. *Green Chem* 20, 4043–4057. <https://doi.org/10.1039/C8GC01763H>
- Glińska, K., Gitalt, J., Torrens, E., Plechkova, N., Bengoa, C., 2021. Extraction of cellulose from corn stover using designed ionic liquids with improved reusing capabilities. *Process Saf Environ Prot* 147, 181–191. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.09.035>
- Haldar, D., Purkait, M.K., 2020. Lignocellulosic conversion into value-added products: A review. *Process Biochem* 89, 110–133. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.10.001>
- Halder, P., Kundu, S., Patel, S., Ramezani, M., Parthasarathy, R., Shah, K., 2019. A Comparison of Ionic Liquids and Organic Solvents on the Separation of Cellulose-Rich Material from River Red Gum. *Bioenergy Res* 12, 275–291. <https://doi.org/10.1007/s12155-019-09967-8>
- Liu, Z., Li, L., Liu, C., Xu, A., 2018. Pretreatment of corn straw using the alkaline solution of ionic liquids. *Bioresour Technol* 260, 417–420. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.03.117>

- Mesa, L., Valerio, V.S., Soares Forte, M.B., Santos, J.C., González, E., da Silva, S.S., 2020. Optimization of BmimCl pretreatment of sugarcane bagasse through combining multiple responses to increase sugar production. An approach of the kinetic model. *Biomass Convers Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-020-00792-0>
- Mohd, N., Draman, S.F.S., Salleh, M.S.N., Yusof, N.B., 2017. Dissolution of cellulose in ionic liquid: A review, in: *AIP Conference Proceedings*. p. 020035. <https://doi.org/10.1063/1.4975450>
- Semerci, I., Ersan, G., 2021. Hornbeam pretreatment with protic ionic liquids: Cation, particle size, biomass loading and recycling effects. *Ind Crops Prod* 159, 113021. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.113021>
- Sorn, V., Chang, K.L., Phitsuwan, P., Ratanakhanokchai, K., Dong, C. Di, 2019. Effect of microwave-assisted ionic liquid/acidic ionic liquid pretreatment on the morphology, structure, and enhanced delignification of rice straw. *Bioresour Technol* 293, 121929. <https://doi.org/10.1016/j.BIORTECH.2019.121929>
- Timoteo-Cruz, B., Gómez-Espinosa, R.M., Sánchez-Orozco, R., García-Sánchez, J.J., Ureña-Núñez, F., Roa-Morales, G., 2022. Pretreatment of *Typha latifolia* biomass with imidazolium ionic liquid as a strategy for sugar production. *Biomass Convers Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02685-w>
- Zakaria, S.M., Idris, A., Alias, Y., 2017. Lignin extraction from coconut shell using aprotic ionic liquids. *BioResources* 12, 5749–5774. <https://doi.org/10.15376/biores.12.3.5749-5774>.

# OBTENCIÓN DE LAS CAÍDAS DE PRESIÓN COMO FUNCIÓN DEL FLUJO VOLUMÉTRICO EN UNA CELDA DE ELECTRODIÁLISIS MULTISTACK

*Víctor Antonio Cedillo Montesinos, Francisca Alicia Rodríguez Pérez, Isidro Juvenal  
González Panzo, Eligio Pastor Rivero Martínez*

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, [victorcedillo-qi@gmail.com](mailto:victorcedillo-qi@gmail.com), [ica1\\_alicia@hotmail.com](mailto:ica1_alicia@hotmail.com), [isjuv.gp@gmail.com](mailto:isjuv.gp@gmail.com), [priveromtz@msn.com](mailto:priveromtz@msn.com)*

## Resumen

En este trabajo se explora experimentalmente la caída de presión en función del caudal volumétrico en una celda de electrodiálisis inversa (EDI), el cual es un factor hidrodinámico muy importante de operación. La medición de la caída de presión se realizó utilizando un manómetro de mercurio y un sensor digital (PT200), ambos conectados a la entrada de la celda mediante una conexión tipo “T”, el manómetro de mercurio también se conectó a la salida. Se utilizaron tres arreglos multistack en la celda, por otra parte, para el registro del caudal volumétrico se utilizó un rotámetro capaz de medir hasta 65 L/h, con esto se obtuvieron las caídas de presión a diferentes caudales volumétricos para los tres arreglos multistack. Los resultados experimentales en este trabajo pretenden mejorar el entendimiento de la hidrodinámica de la celda EDI.

**Palabras clave:** Caídas de Presión, Arreglo multistack, Electrodiálisis inversa, Almacenadores de energía, Espaciadores de red

---

## Antecedentes

En la actualidad la creciente demanda de energía eléctrica ha generado la búsqueda de tecnologías alternativas de energías limpias y amigables con el medio ambiente.

Sin embargo, no todas las fuentes de energías limpias son viables debido a su disponibilidad, ya que están estrechamente relacionadas con el tiempo, como por ejemplo la solar y la eólica (Nam et al., 2019). Por otra parte, el proceso de electrodiálisis inversa (EDI) es una alternativa de fuente de energía basada en el gradiente de salinidad producida cuando se mezclan soluciones salinas, una concentrada y una diluida (Choi et al., 2021). Esta tecnología consiste en un sistema de membranas de intercambio aniónico (MIA), membranas de intercambio catiónico (MIC), que son colocadas de manera alterna o bien se pueden utilizar membranas bipolares (MB). En el arreglo de la celda, los espaciadores de red son colocados entre las membranas para crear compartimentos de flujo, que son alimentados de forma alternada con soluciones de alta y baja salinidad, por lo que se genera una diferencia de potencial eléctrico sobre las membranas y junto con los electrodos en los extremos se establece un voltaje en la celda completa. En los electrodos las reacciones redox convierten el movimiento iónico en corriente eléctrica (Moreno et al., 2017).

La potencia total obtenida del sistema de EDI depende de varias características de la celda, desde el diseño hasta las variables de operación. Dentro de los componentes de la celda se encuentran los espaciadores que cumplen con la función de soporte mecánico, separar las membranas, promover la turbulencia para reducir la polarización de las concentraciones de las soluciones en las membranas, pero también incrementan considerablemente la caída de presión, lo que genera una disminución en la potencia total de la celda de EDI. Por otra parte, las pérdidas de presión o bombeo están directamente relacionadas con el diseño de la celda, el caudal de alimentación y las características de las soluciones salinas. Se ha informado que los espaciadores tipo red pueden generar hasta un 40 % de pérdidas de presión total, el resto de la caída de presión es debido a la geometría de los ductos a la entrada y salida de la celda (Gurreri et al., 2017).

Estudios han mostrado que, a mayor caudal volumétrico en una celda de EDI, mayor es la potencia total obtenida, pero también se tiene una mayor caída de presión, lo que hace que la potencia neta disminuya considerablemente (Veerman et al., 2009; Yasukawa et al., 2020). Así mismo, se han realizado investigaciones sobre las caídas de presión con diferentes números de unidades repetitivas (stack), donde muestran que,

a mayor número de unidades repetitivas, menor es la caída de presión a los mismos flujos volumétricos y dependiendo de las condiciones, los comportamientos de las caídas de presión pueden ser lineales o exponenciales (Pawłowski et al., 2014). Sin embargo, no se ha estudiado la comparación de las caídas de presión en los ductos de las soluciones alcalina y ácida en las celdas de EDI. Un buen diseño de alimentación de las soluciones junto con los espaciadores de red debe proporcionar una hidrodinámica que permita un funcionamiento adecuado con el fin de tener una tecnología viable económica al momento de ser escalada.

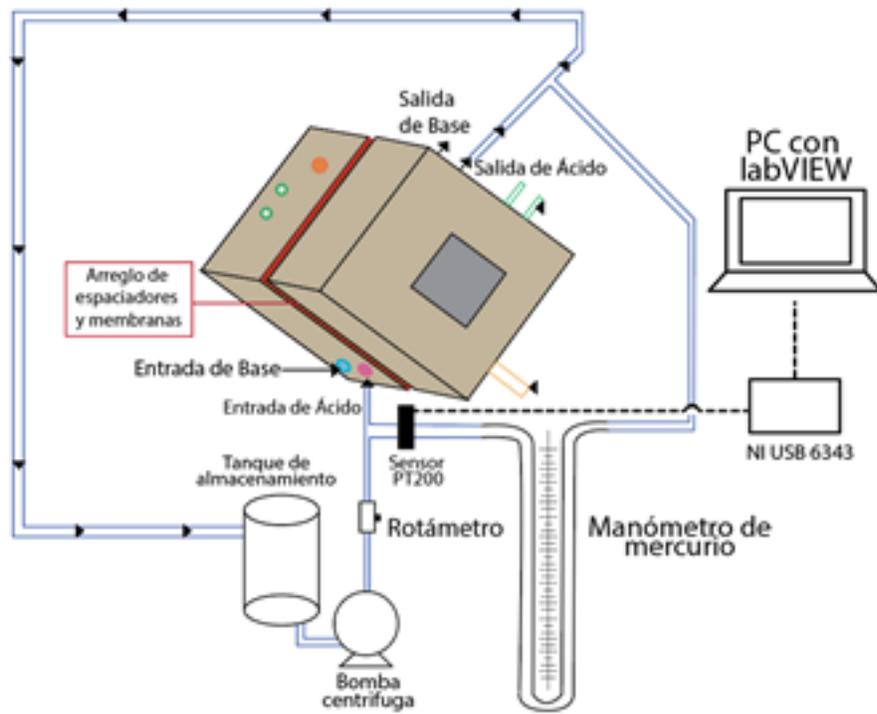
Por lo tanto, hace falta explorar experimentalmente las caídas de presión para tener un entendimiento sobre los fenómenos hidrodinámicos en los componentes del diseño de una celda de EDI, ya que es un punto clave para llegar a disminuir las caídas de presión y así tener las mejores variables de operación o bien proponer mejores diseños de celdas.

## Objetivo

Obtener las pérdidas de presión mediante un manómetro de mercurio y un sensor electrónico para diferentes caudales volumétricos en una celda de electrodiálisis comercial Fumatech, así como estudiar el efecto de los números de unidades repetitivas (*stack*).

## Montaje experimental

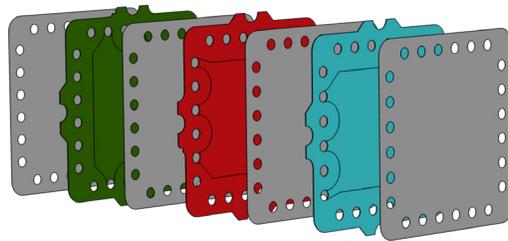
Las mediciones de las caídas de presión se realizaron utilizando un manómetro de mercurio y un sensor digital PT200, ambos conectados al sistema con ayuda de una conexión tipo “T” a la entrada y en el caso del manómetro de mercurio también a la salida de la celda, se llevó el registro del caudal con ayuda de un rotámetro capaz de medir un valor máximo de 65 L/h. El montaje experimental se muestra en la Figura 1. Las mediciones de las caídas de presión se realizaron en dos canales de la celda (ácido y base) ya que se encontró un ángulo de entrada diferente para cada uno, lo cual modifica el valor de la presión cuando el valor del caudal es el mismo para ambos canales.



**Figura 1.** Montaje experimental del sistema para la medición de las caídas de presión

El arreglo de los espaciadores dentro de la celda se montó como se muestra a continuación:

NaCl  
  HCl  
  NaOH  
  Membrana

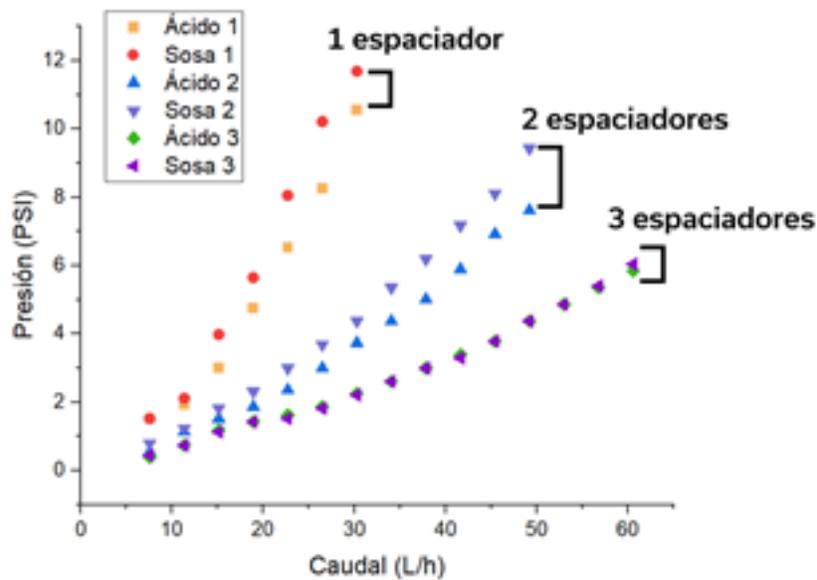


**Figura 2.** Arreglo multistack para 1 espaciador

Se colocó 1 espaciador para cada canal de alimentación de la celda, para arreglos a partir de n espaciadores, la serie mostrada en la figura 2 se repite n número de veces.

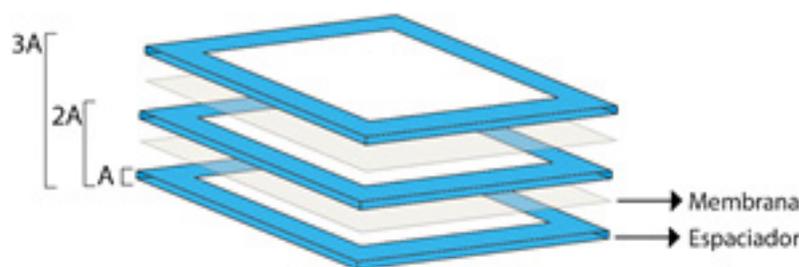
## Resultados y discusión

En la Figura 3 se puede observar que a medida que aumenta el número de espaciadores la diferencia de presión entre ambas entradas (ácido y base) disminuye y tiende a igualarse casi por completo, por lo que podemos intuir que a partir de 3 *stacks* la diferencia de presiones es despreciable, asimismo a caudales bajos (menor a 10 L/h) las presiones se igualan para ambos canales.



**Figura 3.** Resultados obtenidos con el manómetro de mercurio

En ambos casos se observa que la presión aumenta al disminuir el número de espaciadores utilizados para el mismo caudal, esto debido a que al aumentar el número de espaciadores aumenta el diámetro equivalente que es el área efectiva por donde circula el agua y sabemos que a mayor área menor presión. La figura 4 nos ayuda a visualizar mejor lo anteriormente explicado:

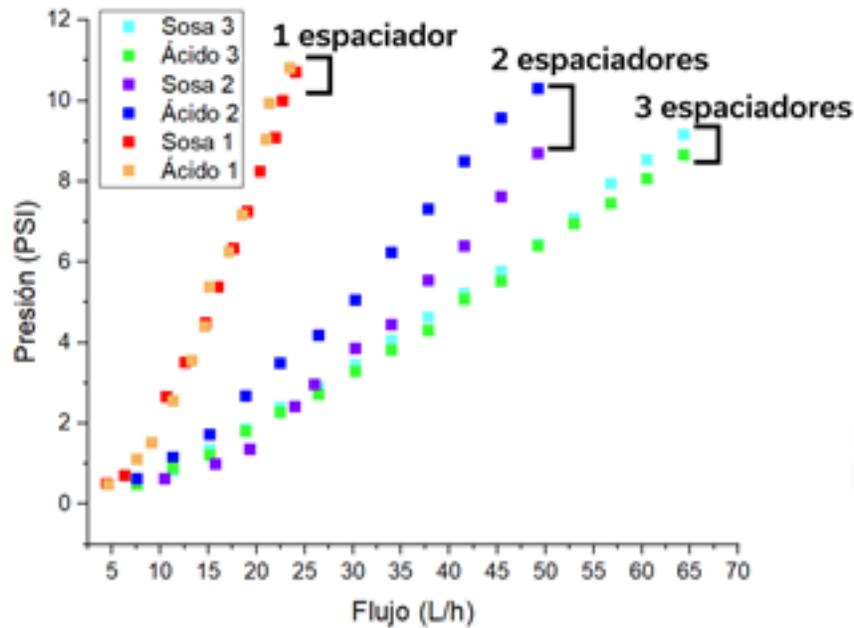


**Figura 4.** Diagrama tridimensional que muestra el aumento del área

La presión disminuye al aumentar los stacks ya que el caudal de entrada se divide entre los  $n$  canales agregados al sistema, por lo que también podemos afirmar que la velocidad disminuye.

Esto debido en parte al interior del espaciador ya que la malla por donde atraviesa el líquido funciona como un obstáculo para el fluido que lo obliga a disminuir su velocidad por la fricción.

Los resultados mostrados en la figura 5 se obtuvieron con un sensor electrónico, el cual registra una señal eléctrica que interpretamos como una media de la presión con el software LabVIEW, en dichos datos se puede observar la misma tendencia que los datos obtenidos con el manómetro de mercurio, a menor número de espaciadores mayor presión, a caudales menores de 10 L/h la diferencia de presión en los canales no es significativa y a 3 stacks el desfase en dichas presiones es menos significativo. También se aprecia que al incrementar el caudal volumétrico las caídas de presión de las entradas de ácido y base son ligeramente distintas para un espaciador, pero incrementa con 3 y 2 espaciadores, lo cual podría reflejarse en un mal diseño disminuyendo la eficiencia de la celda, resultados similares se obtuvieron con las caídas de presión medidas con el manómetro de mercurio.



**Figura 5.** Resultados obtenidos con el sensor electrónico

## Conclusiones

Debido a la creciente demanda de energía junto con el cuidado del medio ambiente, la electrodiálisis inversa es una opción ambiental para satisfacer dicha demanda energética. En el presente trabajo se llegó a lo siguiente:

Se obtuvieron las pérdidas de presión a diferentes caudales volumétricos en una celda de electrodiálisis comercial Fumatech con ayuda de un manómetro de mercurio y un sensor electrónico, con ambos instrumentos de medición presentan la misma tendencia, por lo tanto, ambos sensores son confiables.

Se encontró que al aumentar el número de espaciadores reduce la presión para el mismo valor del flujo volumétrico.

Se presentó una pérdida de presión en el arreglo multistack debido al aumento del área efectiva por donde atraviesa el fluido.

Se encontró diferencias de las caídas de presión con el mismo caudal en los dos canales de alimentación (ácido y base), dicha diferencia podría ser por un mal diseño de la celda Fumatech.

A caudales menores a 10 L/h no se encuentra diferencia significativa en la caída de presión medida en los dos canales de alimentación (ácido y base) de la celda.

## Agradecimientos

Investigación realizada gracias al fondo sectorial CONACYT-SENER-Sustentabilidad Energética (292862), Desarrollo de Tecnologías de almacenamiento de energía de bajo costo: baterías de flujo celdas de combustible alcalinas. Se agradece al Programa Cátedras de Investigación, CI2265.

## Referencias

- J. Y. Nam, K. S. Hwang, H. C. Kim, H. Jeong, H. Kim, E. Jwa, S. Yang, J. Choi, C. S. Kim, J. H. Han, N. Jeong, (2019), Assessing the behavior of the feed-water constituents of a pilot-scale 1000-cell-pair reverse electrodialysis with seawater and municipal wastewater effluent, *Water Research*, 148, 261-271.
- J. Choi, W. S. Kim, H. K. Kim, S. Yang, N. J. Jeong, (2021), Ultra-thin pore-filling membranes with mirror-image wave patterns for improved power density and reduced pressure drops in stacks of reverse electrodialysis, *Journal of Membrane Science*, 620, 118885-118895.
- J. Moreno, N. de Hart, M. Saakes, K. Nijmeijer, (2017), CO<sub>2</sub> saturated water as two-phase flow for fouling control in reverse electrodialysis, *Water Research*, 125, 23-31.
- L. Gurreri, A. Tamburini, A. Cipollina, G. Micale, M. Ciofalo, (2017), Pressure drop at low Reynolds numbers in wovenspacer- filled channels for membrane processes: CFD prediction and experimental validation, *Desalination and Water Treatment*, 61, 170–182.
- J. Veerman, M. Saakes, S.J. Metz, G.J. Harmsen, (2009), Reverse electrodialysis: Performance of a stack with 50 cells on the mixing of sea and river water, *Journal of Membrane Science*, 327, 136–144.
- M. Yasukawa, S. Mehdizadeh, T. Sakurada, T. Abo, M. Kuno, M. Higa, (2020), Power generation performance of a bench-scale reverse electrodialysis stack using wastewater discharged from sewage treatment and seawater reverse osmosis, *Desalination*, 491, 114449-114460.
- S. Pawlowski, J. G. Crespo, S. Velizarov, (2014), Pressure drop in reverse electrodialysis: Experimental and modeling studies for stacks with variable number of cell pairs, *Journal of Membrane Science*, 462, 96–111.

# AUTOMATIZACIÓN DE UN HORNO DE VULCANIZADO DE POLIURETANO UTILIZANDO UN CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

*Z. I. Bautista Bautista<sup>1</sup>, O. A. González Vargas<sup>2</sup>, A. González Flandez<sup>3</sup>*

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

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

<sup>3</sup>ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico nacional, [agonzalezf1302@alumno.ipn.mx](mailto:agonzalezf1302@alumno.ipn.mx)

## Resumen

En este trabajo se presenta la automatización del sistema de control de temperatura para un horno de vulcanizado de poliuretano, utilizando un PLC (Controlador Lógico Programable) Micro 820 de Allen Bradley®. Se diseña e implementa un tablero de control para el proceso de vulcanizado. La programación se realiza mediante el software CCW (Connected Component Workbench), con diagrama de lógica de escalera. Se implementa un prototipo de horno eléctrico de resistencias y además se actualizan los componentes que utiliza, se monitorea la variable de temperatura del proceso de manera remota. Los operadores conocen y utilizan el nuevo sistema implementado, utilizando un tablero de control con botoneras y lámparas indicadoras para la puesta en marcha del horno de vulcanizado de poliuretano.

**Palabras clave:** PLC, Control, Automatización, Horno de Vulcanizado, Poliuretano.

---

## Antecedentes

El proceso de vulcanizado de poliuretano se lleva a cabo en hornos industriales, se encuentran en campo y son utilizados día con día. Se examinan soluciones para las actualizaciones viables sobre los hornos de resistencia para vulcanizado de polímeros [1]. Las aplicaciones que tiene hoy en día el poliuretano son diversas, desde recubrimientos y adhesivos a suelas para calzado, colchones y aislante en forma de espuma, metalmecánica para el entintado de todo tipo de contenedores, se puede encontrar en sellos, engranes, amortiguadores, elementos de fricción de alta resistencia y los rodillos de una banda transportadora lo cual son útiles para no dañar los productos que se encuentran sobre una línea de producción. No obstante, la química de cada uno de ellos es básicamente la misma. Hoy en día los hornos de curado se encuentran con regularidad en las industrias que trabajan polímeros y en una gran variedad de procesos industriales [2].



**Figura 1.** *Tablero de control actual 1*

Actualmente el sistema de hornos que se encuentra en Poliuretanos Técnicos Industriales S.A. de C.V. cuenta con un sistema de control antiguo el cual consta de elementos de control electromagnético; esta tecnología proviene de décadas anteriores, que no permiten implementar tecnologías más recientes que pueden ser englobadas en un solo componente con mayor velocidad, así como mejor precisión y exactitud, como se muestra en la Figura 1 y Figura 2.



**Figura 2.** *Tablero de control actual 2*

Los elementos que componen el sistema de control son: los tableros principales que cuentan con indicadores de corriente para detectar si los elementos están en operación que son poco visibles, temporizadores que pueden ser modificados de forma indeseada con facilidad. Integra un Controlador de temperatura XMTD-818: Dispositivo con ajuste de SP y visualización de temperatura actual, un contacto NO y un contacto NC, compatible con termopares y RTD. Pastillas termo magnéticas de 30A trifásicas y monofásicas para circuitos de fuerza y control. Relevadores electromecánicos para activación o desactivación de motores o resistencias. Indicadores de corriente para la verificación del funcionamiento. Botones independientes de resistencias y motores con enclave de paro y arranque, así como Temporizadores. embargo, es importante mencionar que a pesar de que los tableros son funcionales no cuentan con un controlador principal como un PLC, como se muestra en la Figura 3 y Figura 4. Por tal motivo se desarrolla la implementación de la automatización del proceso con tecnologías recientes.



**Figura 3.** Cableado del tablero actual



**Figura 4.** Elementos internos del tablero de control actual

## Objetivo

Desarrollar e implementar el horno de vulcanizado de poliuretano para controlar la variable de temperatura en condiciones de operación apropiadas para generar las figuras de poliuretano. Para el desarrollo de software se toma en cuenta las etapas en las que consiste el vulcanizado del poliuretano que abarca tres etapas: Preparación de moldes y poliuretano, Curado de poliuretano y Enfriamiento, como se muestra en la Figura 5. Estas tres etapas se deben llevar a cabo en orden para que se cumpla un proceso adecuado, de otra manera existen pérdidas de materia prima y/o piezas defectuosas.

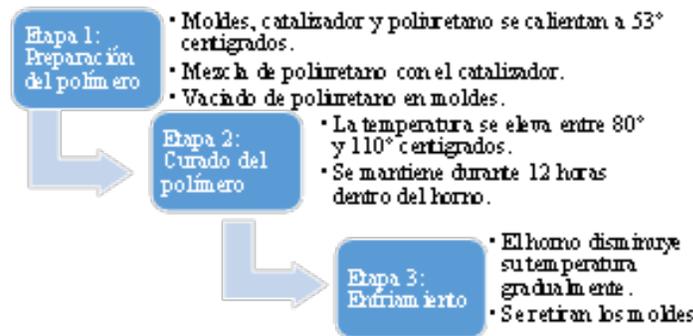
## Parte experimental

### *Etapa 1: Preparación del Polímero*

En la primera etapa se prepara la materia prima para llevar a cabo el proceso. Los materiales necesarios para la preparación son el molde, un catalizador y la materia prima (poliuretano). Posteriormente se mezcla el poliuretano con el catalizador durante un tiempo de cinco minutos que se va a calentar a una temperatura de 53°C (modo de operación 1) para fundir el material, ya que muchas veces el poliuretano presenta dureza y no es completamente moldeable en este estado. Una vez realizado el paso de fundición de material se procede a vaciar la mezcla en moldes de la figura que se desea realizar [4].

### *Etapa 2: Curado del Polímero*

Una vez realizada la preparación del material entra la segunda etapa en donde se cura el polímero. Es la etapa más importante del proceso en la cual la temperatura va a aumentar casi al doble (de 53°C a 100°C). A los 100°C la mezcla se mantiene dentro del horno durante un tiempo de doce horas en el que se cura correctamente el polímero [5].



**Figura 5.** Etapas del proceso de vulcanizado de poliuretano

### *Etapa 3: Enfriamiento*

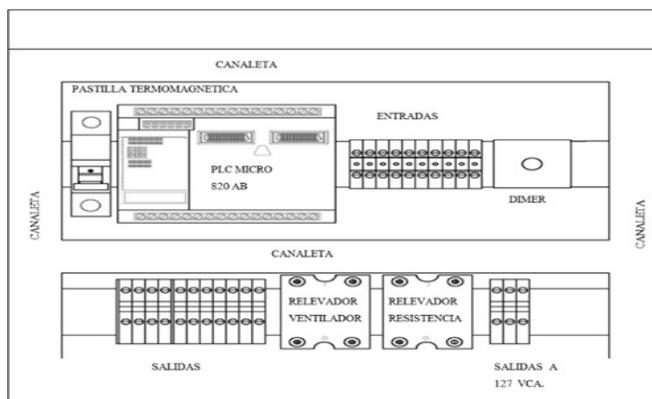
Finalmente se llega a la etapa de enfriamiento en la que después de doce horas de operación del horno a 100°C el controlador apaga la resistencia y también la turbina,

por efecto del proceso anterior disminuye la temperatura gradual dentro del horno. Cuando se enfría completamente la pieza de polímero se procede a retirar el molde y la pieza está terminada, así como el proceso llega a su fin. Una vez detectadas las necesidades, así como aportaciones que no se pueden llevar a cabo por los elementos del estado actual y con el propósito de automatizar el proceso de vulcanizado de poliuretano se propone un sistema de control [6]. Para facilitar el entendimiento de la lógica de programación del PLC, se toman en cuenta dos modos de operación:

- Modo de operación 1. En este modo de operación se realiza la preparación de todos los elementos o componentes que están implícitos en el proceso de vulcanizado.
- Modo de operación 2. Una vez que se realiza la preparación de materiales se lleva a cabo el vulcanizado y curado del poliuretano.

Se selecciona un controlador lógico programable que permita controlar, monitorear y obtener datos de las características del proceso. Después de la realización del software y programación del PLC se hizo la selección del gabinete que se ajusta a las dimensiones de los elementos que realizaran el control de dicho proceso [7].

La solución para el ensamble de los componentes internos dio como resultado un gabinete con dimensiones 30cm x 30cm x 15cm el cual fue distribuido como se muestra en la Figura 6 y Figura 7.



**Figura 6.** Diagrama de distribución de elementos en el gabinete

**Figura 7.** Distribución de elementos en el gabinete

## Resultados y discusión

Se diseñó e implementa un prototipo de horno eléctrico de tipo industrial para el vulcanizado de poliuretano como se muestra en la Figura. 8. Se implementa un tablero de control para controlar la variable de temperatura dentro del horno, como se muestra en la Figura. 9. Se implementa un lazo de control PID que genera una salida dependiendo del error que se obtenga entre la salida del proceso y el set point o referencia. Al concluir el gabinete de control, así como la programación de PLC se realizan las pruebas para la validación del funcionamiento del sistema de control teniendo como resultado:

1. Dos modos de operación distinguiendo las necesidades de las diferentes etapas del proceso.
2. Reducción del área de control en un 50%
3. Información visual en planta.
4. Monitoreo y activación de variables en el panel de control.
5. Exactitud de 0.5% (Preparación de materiales).
6. Rangos de operación definidos (Vulcanizado de poliuretano).
7. Menor mantenimiento en componentes del sistema de control.
8. Gráficas de comportamiento de temperatura.
9. Funcionamiento correcto de los actuadores.



**Figura 8.** Horno implementado para el vulcanizado de poliuretano



**Figura 9.** *Gabinete de control con PLC*

Al concluir el proceso el sistema de control termina el proceso como se muestra en la Figura 10. Por otra parte, en la Figura 11 se muestra el desmolde de las figuras de poliuretano y se espera que las piezas estén a temperatura ambiente para poder desmoldar y comprobar la calidad de las piezas.



**Figura 10.** *Proceso terminado para el vulcanizado*



**Figura 11.** *Desmolde de figuras de poliuretano*



**Figura 12.** *Medición de dureza*



**Figura 13.** *Figuras terminadas de poliuretano*

Al final se demuestra la prueba de la dureza y la consistencia de las piezas, como se muestra en las Figura 12 y Figura 13. Las piezas que fueron vulcanizadas para la prueba de control de temperatura son favorables ya que demuestran tener la dureza correcta y cuentan con la calidad necesaria para ser utilizadas en la industria. En la tabla 1 se muestran los resultados de las pruebas realizadas.

*Tabla 1. Tabla de resultados*

<b>TABLA DE RESULTADOS</b>			
<b>MODO DE OPERACIÓN</b>	<b>TEMPERATURA</b>	<b>EXACTITUD</b>	<b>TIEMPO DE RESPUESTA</b>
Preparación de materiales	58°C	0.5%	20 minutos
Vulcanizado de poliuretano	De 58°C a 90°C	Rango de operación ±4 °C	15 minutos

## **Conclusiones**

Se realizaron pruebas dentro del área de producción de la empresa Poliuretanos Técnicos Industriales S.A. de C.V. en donde se comprobó el funcionamiento correcto del gabinete de control, además de los elementos integrados en el gabinete de control. Se fabricaron piezas de poliuretano de dureza 90-95 shore-A, para validar el correcto funcionamiento del sistema de vulcanizado. Las piezas que fueron vulcanizadas para la prueba de control de temperatura son favorables ya que demuestran tener la dureza correcta y cuentan con la calidad necesaria para ser utilizadas en la industria.

## Referencias

- Astigarraga, J. (s.f.). “Hornos industriales de resistencia”, McGraw Hill
- Bayer, Otto. (1937) A process for the production of polyurethanes and polyureas. s.l. : H.-I.G. FARBEN.
- Asociación Técnica del Poliuretano Aplicado (ATEPA). Libro Blanco del Poliuretano Proyectado. 2009.
- E., Grigat. 11, Munich: Günter Oerte, Principles of polyurethane chemistry and special applications-Polyurethane Handbook. 1994.
- A.Horta, C. Sánchez, I. Pérez and J. Fernández (2000). Los plásticos más usados. s.l.: UNED.
- B. Bowman, P.A. Lefrank. Pittsburgh: R.J. Fruehan (1998). Electric Furnace Steelmaking, in The Making, Shaping and Treating of Steel.
- M. A. Laughton, D. J. Warne (2003). Electrical Engineer’s Reference book. s.l. : Chapter 16 Programmable Controller. Newnes.

# IMPLEMENTACIÓN DE UNA INTERFAZ GRÁFICA PARA UN HORNO DE VULCANIZADO DE POLIURETANO

*Z. I. Bautista Bautista<sup>1</sup>, O. A. González Vargas<sup>2</sup>, A. H. González López<sup>3</sup>*

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

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

<sup>3</sup>ESIME Azcapotzalco, Instituto Politécnico Nacional, [gonzalezlopez170@gmail.com](mailto:gonzalezlopez170@gmail.com)

## Resumen

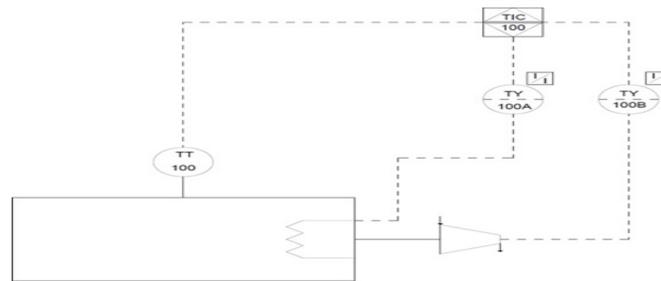
En este trabajo se presenta la implementación de una HMI (Interfaz Humano Máquina), para monitorear y controlar un horno de vulcanizado de poliuretano. Se desarrolla la interfaz gráfica utilizando la pantalla industrial Panel View C600 de Allen Bradley®, que permite una mejor operación y visualización del proceso donde el operador obtiene la información en tiempo real desde un punto remoto a la planta. La pantalla principal cuenta con un menú para la operación del proceso de vulcanizado, así como diferentes pantallas para monitorear las etapas del proceso. Cuenta con un puerto de comunicación tipo Ethernet para la comunicación con el PLC (Controlador Lógico Programable) Micro 820 de Allen Bradley®.

**Palabras clave:** HMI, Monitoreo, Panel View, PLC, Ethernet.

---

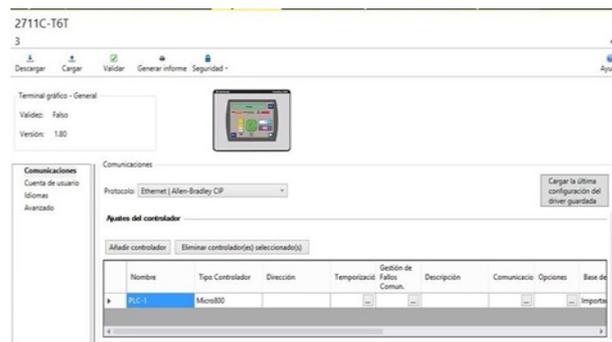
## Antecedentes

Hoy en día los procesos de vulcanizado de poliuretano son controlados solamente desde los tableros de control ubicados en campo, disponibles al operador en todo momento sin ningún tipo de alarma por lo que se tiene la incertidumbre de que en cualquier momento de descuido se presenten problemas, afectando las propiedades del material en el proceso de curado. La problemática deriva en el monitoreo y el control de los hornos para evitar los cambios más comunes, temperatura, así como fallas en el sistema de tiempo que dependen del operador, sin indicadores precisos y de buena visión, las tecnologías utilizadas no dan suficiente información sobre el proceso en curso.



**Figura 1.** Diagrama de Tubería e Instrumentación

Uno de los alcances propuestos e implementado es monitorear la variable del proceso para brindar más información a los usuarios en planta, y controlar el proceso desde una HMI (Interfaz Humano Máquina) en un punto remoto que muestre el estado de las variables y que ayude al usuario a la toma de decisiones [1]. En la Fig. 1 se muestra el DTI (Diagrama de Tubería e Instrumentación) del proceso de vulcanizado de poliuretano. En la Fig. 2 se muestra la comunicación del PLC con la HMI, en el entorno de software.



**Figura 2.** Comunicación del PLC con la HMI

La HMI se programa con botones prefabricados o elementos creados dependiendo de la necesidad del usuario, estos se pueden vincular, poner color, colocar etiquetas entre otras funciones que sirven para el desarrollo de la Interfaz Gráfica [3]. Las variables se definen en la tabla 1, son variables que dependen de etiquetas o Tags locales, globales (la diferencia entre las variables locales o globales es que las primeras son de uso exclusivo para el controlador mientras que las variables globales son compartidas para elementos adicionales como terminales gráficos) o pertenecen a las entradas o salidas físicas del controlador. Una vez que se define el tablero de control se asignan las etiquetas o Tags de cada uno de los elementos en la HMI.

**Tabla 1.** *Etiquetas o Tags para la Interfaz Humano Máquina*

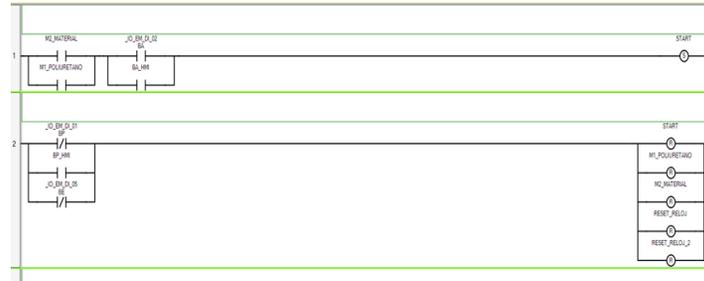
Etiquetas o Tags para la HMI
Botón pulsador de arranque (verde)
Botón pulsador para seleccionar modo 1 (amarillo)
Lámpara indicadora de ventilador encendido (blanco)
Botón pulsador de paro (rojo)
Botón pulsador para seleccionar modo 2 (azul)
Lámpara indicadora de sistema operando (verde)
Botón de paro de emergencia (rojo)
Lámpara indicadora de resistencia activada (blanco)
Lámpara indicadora de sistema en paro (rojo)

## Objetivo

Desarrollar una Interfaz Humano Máquina para un horno de vulcanizado de poliuretano. Este prototipo se implementa con un Controlador Lógico Programable y una pantalla Panel View de Allen Bradley para monitorear en tiempo real el proceso de vulcanizado de poliuretano.

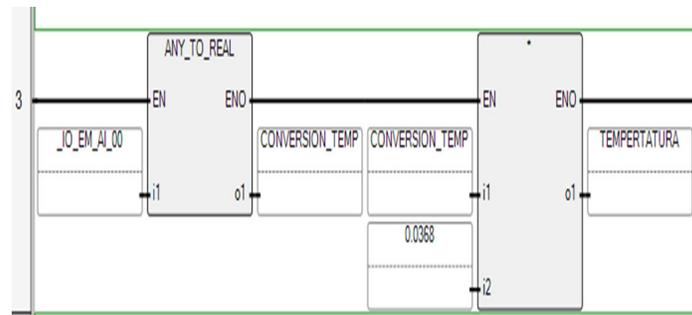
## Parte experimental

Antes de realizar las pantallas gráficas que forman parte de la HMI, se realiza la programación en el PLC Micro 820. Se propone la validación y la verificación de la HMI con dos elementos auxiliares, las normas ISA 84 e ISA 18.2. En la Fig. 3 se muestran las líneas de programación en escalera.



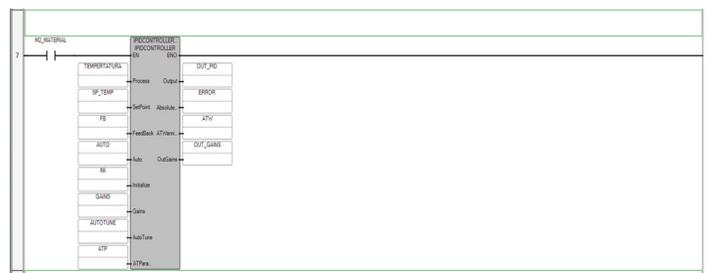
**Figura 3.** Pantalla de precalentado de materiales

En las líneas 1 y 2 se programa un arranque y paro con bobinas en set y reset para facilitar la lógica de programación. Es importante mencionar que se agregan botones en paralelo para la pantalla utilizada, además de que la bobina del proceso no puede ser activada sin antes activar un modo de operación (vulcanizado de poliuretano o preparación del material), esto hace que se cierra alguno de los contactos que me muestran en la línea 1 y se pueda energizar el botón de arranque físico o de la HMI. En la línea 2 se activan los botones de paro físico, paro desde HMI y paro de emergencia que energizan a las bobinas de reset.



**Figura 4.** Desarrollo de programación en CCW 2

En la Fig. 4 se muestra el bloque “ANY\_TO\_REAL” que se utiliza para convertir la señal que manda el sensor de temperatura en una entrada analógica y que posteriormente en la siguiente línea se multiplica por una fracción calculada por el desarrollador (0.0368) para obtener el valor en °C.



**Figura 5.** Bloque del Controlador PID

En la Fig. 5 se muestra el bloque “IPIDCONTROLLER“, que al obtener la señal de entrada del sensor de temperatura la compara con el valor de set point definido por el usuario. Este bloque genera una salida dependiendo el error que se obtiene entre la salida del proceso y el set point. Lo que ayuda a tener una mayor precisión en el control de temperatura. Cabe mencionar que el control por medio de este bloque PID solo se ocupa en el modo 1 de preparación de materiales ya que este modo requiere una temperatura constante.

En cuanto al diseño de las pantallas que almacena la HMI no requiere de un software en una PC, ya que se diseña directamente desde el Panel View C600. Esto implica que no se requiere de una conexión a ninguna PC por lo que es un producto mucho más eficiente a diferencia de otro tipo de pantallas industriales. Además, se tiene un puerto USB y uno micro USB donde se descarga información realizada previamente en algún software, así como una ranura para tarjeta digital segura (SD). La HMI se programa con botones prefabricados o elementos creados dependiendo de la necesidad del usuario, estos se pueden vincular, poner color, colocar etiquetas entre otras funciones que sirven para el desarrollo de la HMI. Se desarrollan las pantallas que forman parte de la HMI a través del uso del estándar ANSI-ISA 101 [2].

La pantalla principal cuenta con cuatro botones que al momento de pulsarlos cambian de pantalla. Adicionalmente se observan dos lámparas indicando que modo de operación se ha seleccionado; de color azul indica el “vulcanizado de poliuretano”, mientras que el color amarillo es para “preparación de materiales”, como se muestra en la Fig. 6.



Figura 6. Pantalla principal.

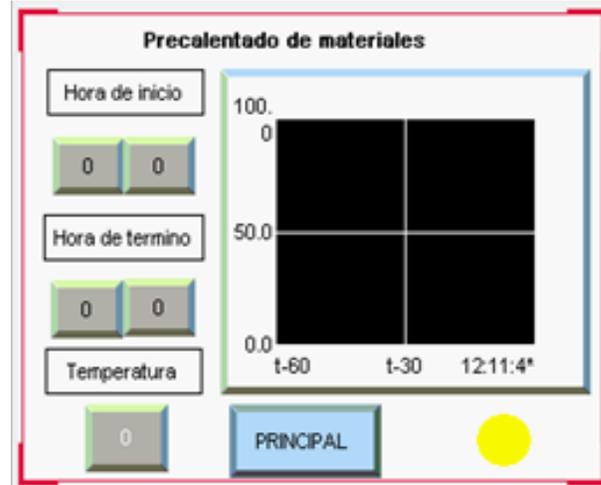


Figura 7. Pre calentado de materiales.

En la Fig. 7 se muestra la pantalla de preparación de materiales donde se observa la hora de inicio del proceso, así como la hora estimada en que termina. También se coloca un display para visualizar la temperatura actual del horno, así como su gráfica (temperatura vs tiempo), una lámpara que indica si el proceso está en operación y un botón para volver a la pantalla principal.



Figura 8. Pantalla de vulcanizado de poliuretano.

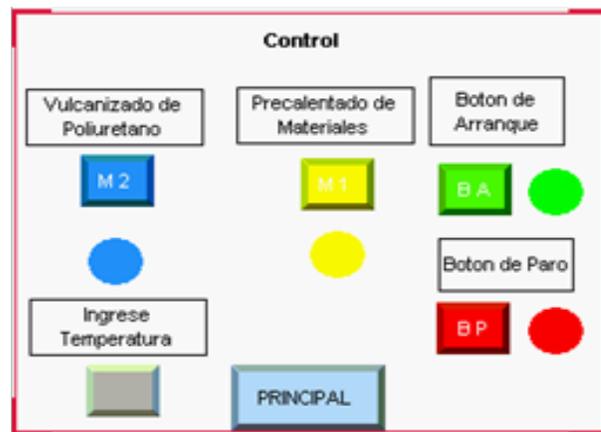


Figura 9. Pantalla de control del proceso.

En la Fig. 8 se muestra la pantalla de vulcanizado de poliuretano que cuenta con los mismos elementos mencionados en la pantalla de preparación de materiales. En la Fig. 9 se muestra la pantalla de control que es la más importante, ya que desde aquí se selecciona el modo de operación que se desea activar, se inicia el proceso o se finaliza

con el botón de arranque y el botón de paro respectivamente, así como sus indicadores y por último el usuario puede ingresar el valor de la temperatura para el vulcanizado del polímero.

## Resultados y discusión

Para validar el funcionamiento del sistema de control, así como la interfaz gráfica se realizan pruebas en el área de producción de Poliuretanos Técnicos Industriales. En la Fig. 10 se muestra la pantalla de inicio de HMI y el tablero indicando que el sistema está en paro, mientras que en la Fig. 11, se muestra la pantalla de preparación de materiales.



Figura 10 Tablero encendido



Figura 11 Tablero HMI 1

En la Fig. 12 se muestra el ingreso del Set Point para la variable de temperatura y en la Fig.13 se muestra la pantalla de control de operación del sistema para el vulcanizado de poliuretano [4].



Figura 12. Ingreso del set point.



Figura 13. Configuración en la HMI.

## Conclusiones

Se desarrolló de forma correcta la Interfaz Humano Máquina utilizando una pantalla Touch Screen C600 AB, para el prototipo de horno eléctrico, la cual proporciona una fácil interacción entre el usuario y el proceso de vulcanizado de poliuretano. La interfaz gráfica permite visualizar la temperatura, tiempo de horneado y modo de operación del sistema. Se diseñó el manual de usuario en la HMI y al mismo tiempo el modo de operación seleccionado y su puesta en marcha.

## Referencias

- Shneiderman, B. (1998) "Designing The user interface, Strategies for effective Human computer interaction". Addison Wesley.
- (NEMA), National Electrical Manufacturers Association. Washington, EE.UU.
- Dunn, Alison (2008). The father of invention: Dick Morley looks back on the 40th anniversary of the PLC.
- Principles of polyurethane chemistry and special applications-Polyurethane Handbook. E., Grigat. 11, Munich: Günter Oerte, 1994.
- Manufactures, National Association of Relay, Engineers Relay Handbook1, Wisconsin: s.n., 1996.

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN EN EL ÁREA DE DISTRIBUCIÓN DE PAQUETERÍA EN EL PROCESO ADUANAL

*Adriana González Flandez<sup>1</sup>, Zósimo Ismael Bautista Bautista<sup>2</sup>,  
José Ángel Mejía Domínguez<sup>3</sup>*

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

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

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

## Resumen

Un sistema de organización de paquetería puede acelerar el procedimiento de revisión y acomodo de fardos para mejorar la logística de distribución y hacer de esta un proceso eficiente mejorando la movilización mercantil en las aduanas, por ello, en este trabajo se presenta la propuesta de diseño para un sistema de automatización aplicable al área de distribución de paquetería en los procesos aduanales, en donde a través de la implementación de bandas transportadoras, un controlador de Automatización Programable (PAC), la programación del mismo y el uso de una interfaz gráfica de usuario (HMI) se busca agilizar la revisión, distribución y manejo de paquetes en los procesos de mensajería.

**Palabras clave:** Organización de paquetería, Distribución, PAC, HMI, Diseño, Automatización.

## Antecedentes

Los procesos aduanales son aquellos en los que se analiza y decide que productos entran o salen de un país de acuerdo a la normativa, todos los procesos aduanales tienen variaciones por el tipo de lugar en el que se localiza la aduana, esto ocasiona que las revisiones sean distintas, sin embargo SEPOMEX (Servicio Postal Mexicano) recibe las sacas postales de tráfico terrestre, marítimo y aéreo, las cuales deberán venir acompañadas de las formas de despacho con los documentos correspondientes proporcionados por las empresas transportistas, según el Manual de la Unión Postal Universal para su registro. Tomando en cuenta la forma en la que se realizan los procesos aduanales, el desarrollo de este proyecto se enfoca en integrar un sistema de dos bandas transportadoras cuyo movimiento será manipulado por motores de inducción mediante variadores de velocidad, implementar la red DeviceNet para comunicar a los dispositivos de campo como son los sensores, variadores y el PAC, así como configurar los elementos del sistema por medio de software y establecer la programación del PAC para la puesta en marcha del prototipo.

Se sabe que la automatización es una transferencia de sistemas de operaciones manuales a operaciones controladas con diferentes elementos eléctricos, mecánicos y un programa encargado de hacer que estos elementos actúen de forma adecuada, trayendo diversas ventajas como, la mínima intervención humana en actividades de alto riesgo, mayor calidad a los productos y servicios, reducción de tiempos de producción y una mejor comunicación a los procesos.

La implementación del protocolo de comunicación DeviceNet se debe a que esta plataforma fue adoptada por la Open DeviceNet Vendor Association, OVDA, una organización no lucrativa fundada en 1995 para apoyar mundialmente la evolución de sus especificaciones, agrupando a más de 300 proveedores de dispositivos de control para la automatización de plantas. Su misión es la de promover la normalización de este protocolo en todo el mundo y propiciar la mejoría de las funcionalidades de la norma con el fin de satisfacer las necesidades de conectividad de la planta moderna basándose en tecnologías del CIP (Common Industrial Protocol), originalmente fue desarrollado por Rockwell Automation (Allen- Bradley), una organización que proporciona soluciones de control e información de automatización industrial, en el año de 1993. DeviceNet actualmente es una de las redes de dispositivos más populares y de mayor penetración en el mercado americano, cubriendo en EUA cerca del 60% de las redes de su tipo, encontrándose en las más diversas aplicaciones en la industria

nacional, desde la gran minería hasta la industria salmonera y alimenticia, sin olvidar la importancia en la industria de la celulosa.

La base para el desarrollo de esta propuesta es el Proyecto de Integración Tecnológica Aduanera (PITA) desarrollado a finales del 2017 cuyo propósito era el llevar todas las aduanas nacionales a la automatización bajo diferentes sistemas.

Las primeras en operar bajo esta premisa fueron la de Tijuana y Cd. Juárez con sensores y cámaras térmicas para observar el contenido dentro de ellos en los puntos de revisión y en los puntos de supervisión se implemento video vigilancia con cobertura nacional en los principales inmuebles del SAT, Ceballos, A. (2020).

## **Objetivo**

Dar a conocer el diseño y propuesta de un sistema con bandas transportadoras, utilizando un Controlador de Automatización Programable (PAC) y una interfaz gráfica de usuario, presentando el desarrollo de su programación y simulación, para agilizar la revisión, distribución y manejo de los paquetes en el proceso aduanal de mensajería.

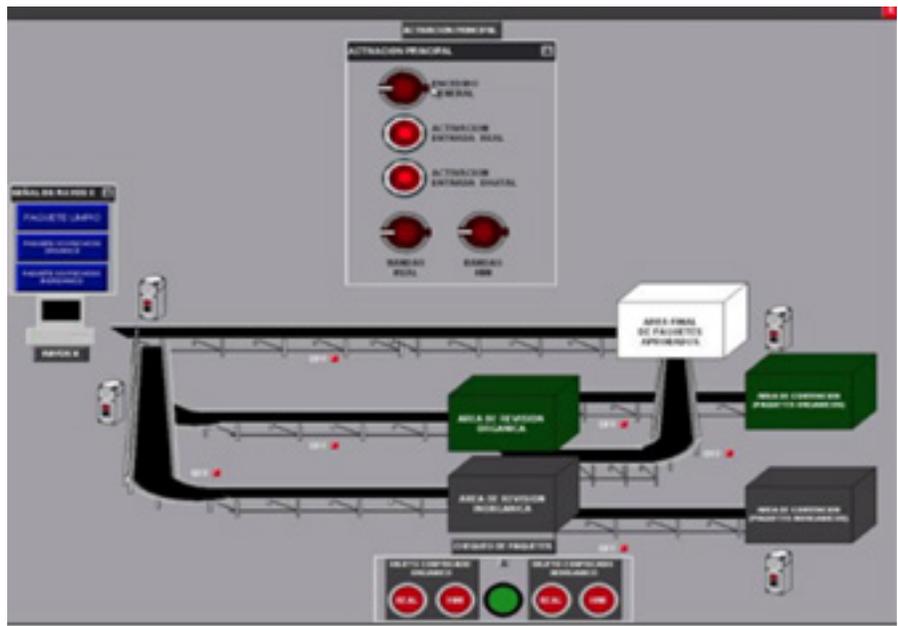
## **Parte experimental.**

Tras el análisis del proceso se determino dividirlo en 6 etapas, como se muestra en la Figura 1, se realizó la programación adecuada para que cada área realice las funciones propias, el programa implementado para esta tarea fue el Software RsLogix 5000/ Studio 5000 que es una herramienta muy amigable utilizada para la configuración y programación de los Controladores Logix (Controllogix, Compactlogix, Softlogix y Drivelogix). Es un software bastante intuitivo, que permite el trabajo en equipo (colaborativo) para el desarrollo de aplicaciones, de manera que permite la reducción del tiempo de puesta en marcha de un proyecto.



**Figura 1.** *Etapas de proceso*

Continuando se desarrolló una interfaz gráfica para controlar la banda transportadora de una forma adecuada, de fácil manejo y adquisición por parte de las instancias que lo requieren, es accesible en cuanto a uso, mantenimiento, programación y costo, y a la vez puede ser empleada por usuarios capacitados ya que es intuitiva y amigable con el usuario, para ello se implementó Factory Talk View, una aplicación HMI flexible que da una respuesta comprometida e intensa para los aparatos de interfaz de administrador a nivel de máquina. La configuración del HMI permite el control y funcionamiento de sistema. La pantalla principal, como se muestra en la Figura 2, cuenta con tres subpantallas que, interactúan con cada uno de los parámetros a considerar en el proceso, la primera es la de activación principal, la segunda se encarga de mostrar las acciones de la máquina de rayos x, mientras que la tercera permite verificar el estatus de los paquetes.



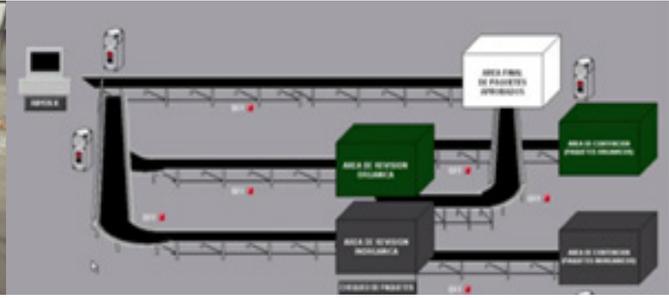
**Figura 2.** Pantalla de Interfaz Gráfica

## Resultados y discusión

Para verificar el funcionamiento adecuado de la programación y la interfaz realizada para esta propuesta, se realizó la simulación de todo el sistema en Factory I/O, un software para automatización donde se puede construir y simular sistemas industriales para utilizarlos con las tecnologías de automatización más comunes. Esta simulación es totalmente interactiva e incluye gráficos de alta calidad y sonido, proporcionando un entorno realista industrial. Permite mostrar el funcionamiento del sistema de manera tridimensional, como se muestra en la Figura 3. Las dimensiones a considerar para el espacio asignado por el personal de aduana y en comparación con el HMI, el diseño creado en Factory I/O muestra cómo podría verse el sistema físicamente, como se muestra en la Figura 4.



**Figura 3.** *Diseño Factory I/O*



**Figura 4.** *Diseño HMI*

Después de la ejecución del programa, su simulación y de haber establecido el análisis del problema y la documentación propuesta se realizó un análisis de costos en donde de determino el costo aproximado de la implementación del proyecto, tomando en cuenta el costo de materiales, costo de instalación, costos fijos y costos de ingeniería se determino que el costo para aplicar el proyecto es de aproximadamente 2,550,000.00 pesos mexicanos.

## Conclusiones

La propuesta cumple con el objetivo principal, agilizando la revisión, distribución y manejo de los paquetes en los procesos aduanales de mensajería ya que normalmente el tiempo aproximado para la revisión de un embarque internacional con contenido mayor a 1000 paquetes puede ser hasta de 2 meses. Al tener poco personal y hacer todo de manera manual los tiempos pueden incrementar con la creciente demanda de productos internacionales, sin embargo, al aplicar el sistema propuesto la reducción de costos, esfuerzo físico y tiempo son las principales ventajas que este puede ofrecer.

## Agradecimientos

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

Agradecemos principalmente a los alumnos Magdalena O.P, Ángel U.C, Alan M,J (2020), por la realización de su tesis de titulación profesional con el título “Diseño de un sistema

de automatización en el área de Distribución de paquetería en el proceso aduanal”. Así también agradecemos a los directores de tesis de este trabajo, Ing. Zósimo Ismael Bautista Bautista e Ing. Eduardo Silva Doray Espinosa.

## Referencias

Modernización Aduanas. (2016). SAT.

SAT (s.f.) <http://omawww.sat.gob.mx/PITA/Paginas/default.htm>

Ceballos, A. (2020, 9 junio). ¿Qué es una aduana y cómo funciona? Comercio y Aduanas.

Comercio y aduanas (s. f.) Tipos de aduanas. <https://www.comercioyaduanas.com.mx/aduanas/aduana/que-es-una-aduana/#tipos>

SAT (s.f.) Manual de Operación Aduanera. SAT. Recuperado 10 de abril de 2020, de <http://omawww.sat.gob.mx/moa/Paginas/default.htm>

# AUTOMATIZACIÓN DE UNA MÁQUINA DESPLUMADORA DE POLLOS MEDIANTE PLC Y SU INTERFAZ GRÁFICA

*Jessica Jaquelinne García Téllez<sup>1</sup>, Zósimo Ismael Bautista Bautista<sup>2</sup>,  
Armando Flores Jaime<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>ESIME Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, [jgarciat1502@alumno.ipn.mx](mailto:jgarciat1502@alumno.ipn.mx)

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

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

## Resumen

En estos tiempos es indispensable hacer las tareas del ser humano más fáciles, evitando accidentes o irregularidades en el resultado, realizar una automatización del desplumado de pollos es algo muy útil ya que fácilmente se consumen 500,000 pollos diarios en todo México y para los inversionistas tener tantos empleados no resulta conveniente a largo plazo. Se presenta en este trabajo una propuesta para la automatización de una máquina desplumadora de pollos. La máquina despluma 5 pollos en un corto tiempo y con una buena calidad, así a lo largo de un día podríamos desplumar 400 pollos con solo un empleado trabajando 8 horas. Se realiza la secuencia de operación en el PLC Micrologix 1100 en lenguaje de escalera, esto con la finalidad de que los tiempos de desplumado sean menores y se pueda ampliar más las ventas, así mismo se programa la regulación de temperatura con un RTP100 dependiendo de la selección del pollo a desplumar. Se enlaza la máquina a una Interfaz de Usuario Gráfica para monitorear y controlar el proceso.

**Palabras clave:** Automatización, Interfaz Gráfica, PLC, Máquina.

---

## Antecedentes

La producción comercial de aves comenzó en los estados unidos de américa y diez años después se desarrolló en Europa. El estadounidense Don C. Warren fue quien comenzó con los estudios de la hibridación en aves en 1924, en la estación experimental agrícola de Kansas.

Las empresas avícolas comerciales están dedicadas principalmente a la producción de huevo y carne; se encuentran en casi todo el mundo pues proporcionan una fuente de proteína animal para la mayoría de las personas, que incluso es altamente recomendada por la OMS ya que son alimentos altamente beneficiosos para el consumo humano. Algunas de las razones por la cual esta industria siempre se ha desarrollado establemente es que las aves se adaptan a la mayoría de los ambientes, su precio es bajo, se reproducen con rapidez y su tasa de productividad es alta.

## Objetivo

Desarrollar una propuesta de automatización de una máquina desplumadura de pollos controlada mediante un Controlador Lógico Programable MICROLOGIX 1100 serie A, e implementar una interfaz gráfica de usuario, para disminuir el tiempo que el proceso de desplume de aves implica y aumentar la capacidad de producción, garantizando un producto de calidad.

## Parte experimental

La máquina consiste en el proceso completo del desplumado de pollos y gallinas después de su sacrificio de forma automática y ahorrando costos en personal, así como futuros accidentes con el uso de herramientas o con la manipulación de agua caliente para aflojar las plumas de la piel del animal.

Después de que el animal sea sacrificado, es puesto en la banda transportadora por un personal que coloca de pollo en pollo, así la banda transporta el animal a la escaladora que será el paso siguiente, la banda está encendida hasta que el sensor de proximidad detecte a 5 pollos, entonces se detiene la banda hasta un nuevo ciclo.

A continuación, los 5 pollos pasan a la escaladora la cual moja a los pollos en agua caliente a una temperatura de 56 grados para pollo blanco y de 53 para pollo amarillo.

El segundo genera bastantes porcentajes de pluma residual. La escaladora mueve los pollos en el agua caliente para que su carne no se coccia durante 1:30 minutos.

Posteriormente los pollos son sacados de la escaladora y pasan a la olla de desplumado, la maquina tiene capacidad de 5 pollos, los cuales entran a la olla que cuenta con varios dedos de hule que quitan las plumas, en la desplumadora el motor solo hace girar la base de la olla que también cuenta con dedos de hule, así los pollos están girando de 30 a 60 segundos dependiendo del pollo, mientras tanto la bomba por medio de una manguera conectada en la parte superior de la olla rosea agua caliente para ayudar a un mejor desplume.

## Recomendaciones

- El tiempo de desangre no debe superar los 3 minutos y 30 segundos, ya que superado éste se inicia el Rigor Mortis o endurecimiento muscular.
- Los pollos deben desplazarse sumergidos completamente en la escaldadora.
- El pollo se debe pelar inmediatamente luego de salir de
- escaldadora, sino se debe rociar con agua a 38 grados.
- Temperatura de escaldado: 52°C pollo amarillo o 56°C si es pollo blanco o de engorda, 59 o 60° gallina
- Tiempo de pelado: 30 segundos dependiendo.
- Escaldar las patas una vez cortadas antes de eviscerar los pollos, a una temperatura aproximada de 70°C durante unos 6 segundos.
- Velocidad optima de plato giratorio: 250 a 300 rpm.

El programa usa un emulador de un PLC Micrologix 1100, junto con el programa de RSlogix500 que realiza la programación en escalera. Industrialmente es indispensable usar todo tipo de subrutinas en el programa principal para poder dividir los pasos de proyecto en secciones o acciones que se llevan a cabo, y así en caso de algún error o mantenimiento, sea más fácil localizar un cierto punto de interés y corregirlo, repararlo o cambiarlo. Teniendo una interfaz digital mostrando gráficamente con botones y señales, controlado por monitor o una pantalla touch, siendo más fácil usar para cualquier usuario. Programando en Factory Talk View Studio con direcciones al programa Rslogix 500 a cada una de las secuencias.

Teniendo 3 subrutinas en el proyecto, cada una tiene una secuencia diferente simulando lo que es cada uno de los pasos en el proceso de desplumado.

➤ BANDA\_TRANS , ➤ ESCALADORA , ➤ PLAT\_GIR

Cada una respectivamente tiene la programación, de las partes principales de la maquina junto con sus sensores, motores o algún otro instrumento. Todo eso ayuda a que en caso de algún error de instrumentación o en la programación, sea más fácil la detección y corrección de error.

En la ventana principal del programa donde se tiene un BOTON DE PARO DE EMERGENCIA y BOTON DE ARRANQUE, cuando la maquina este apagada un indicador luminoso color rojo estará encendido, después de presionar el BOTON DE ARRANQUE la maquina inicia su operación y la bomba comenzara a llenar el agua en la escaladora hasta llegar a la cantidad adecuada, ahora ya que está llena la ESCALDADORA se selecciona que tipo de pollo es el que se desplumara, dependiendo de qué tipo de pollo se selecciona, la resistencia calienta el agua y con el sensor RTD Pt100 se mantiene el agua  $\pm 1^\circ$ , como se muestra en la Figura 1.

- POLLO 1: pollo amarillo,  $53^\circ$  ;
- POLLO 2: pollo blanco,  $56^\circ$  ;
- POLLO 3: gallina,  $60^\circ$

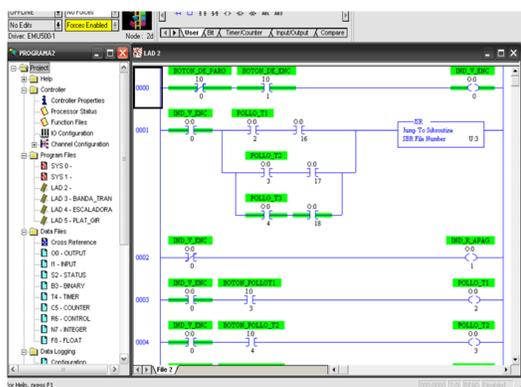


Figura 1. Programación Principal

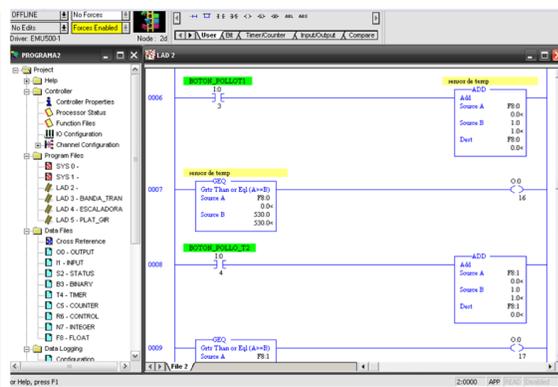


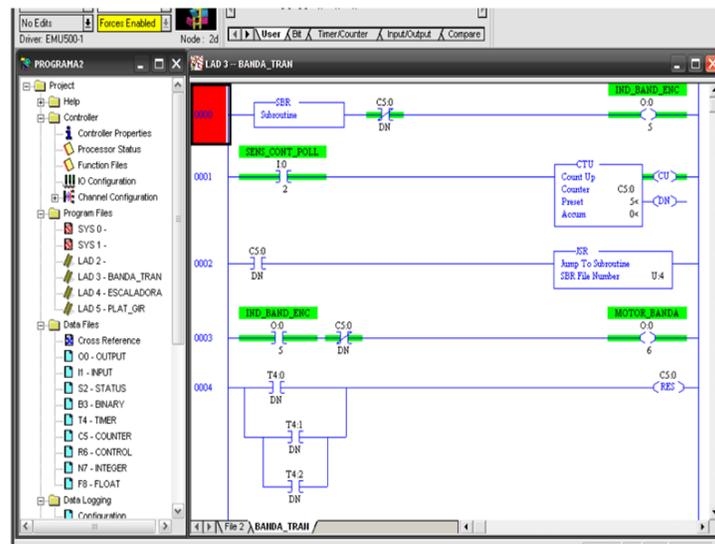
Figura 2. Programación principal segunda parte

Se activa el botón del pollo seleccionado y posteriormente a que el agua este a la temperatura correcta, se encenderá la banda transportadora, en la cual manualmente se tendrá que poner los pollos sobre la banda de uno por uno, el sensor fotoeléctrico de

reflexión directa Q60 SERIES cuenta los pollos que ingresan a la escaldadora, hasta que cuente 5 pollos la banda se apaga y enciende el motor de la escaldadora, como se muestra en la Figura 2.

Inicia el movimiento de la maquina con los 5 pollos, para que su carne no se recosa durante 1:30 minutos, así se suavizan a una temperatura determinada, para que se saquen inmediatamente del agua caliente y comiencen a desplumarse, como se muestra en la Figura 3.

Terminando este proceso, los pollos se colocan en la olla de desplumado, la cual tiene dedos de hule en las paredes y en la parte inferior haciendo que las plumas se retiren, el motor está asociado solo a la parte inferior de la olla es decir, que solo esta parte gira mientras las paredes son estáticas, al mismo tiempo se enciende una bomba de agua la cual va roseando el agua caliente que contenía la escaldadora haciendo más fácil el desplumado y filtrando las plumas por la parte inferior para su desecho, como se muestra en la Figura 4.



**Figura 3.** Programación BANDA\_TRANS

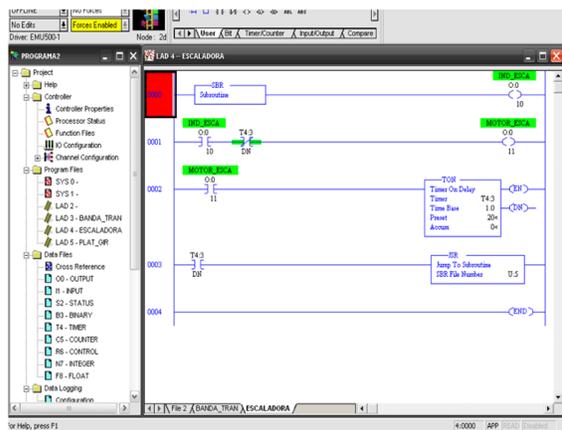


Figura 4. Programación ESCALADORA

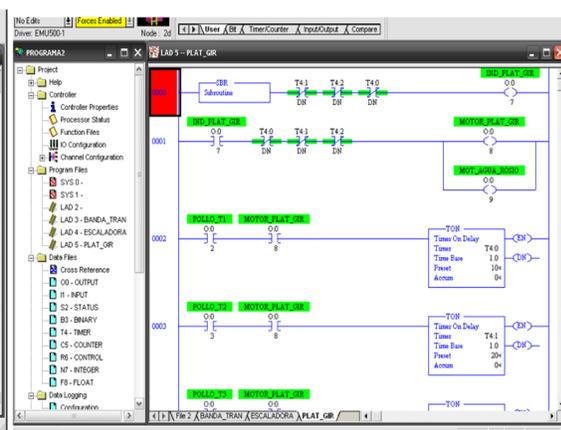


Figura 5. Programación PLAT\_GIR

- POLLO 1: pollo amarillo, desplumar por 80 seg;
- POLLO 2: pollo blanco, desplumar por 90 seg;
- POLLO 3: gallina, desplumar por 100 seg.

El motor de la maquina comenzara a funcionar por cierto tiempo dependiendo de qué tipo de pollo se seleccionó, como se muestra en la Figura 5. Posteriormente los pollos se retiran manualmente de la olla y en la parte inferior quedan todo tipo de residuos, como se muestra en la Figura 6.

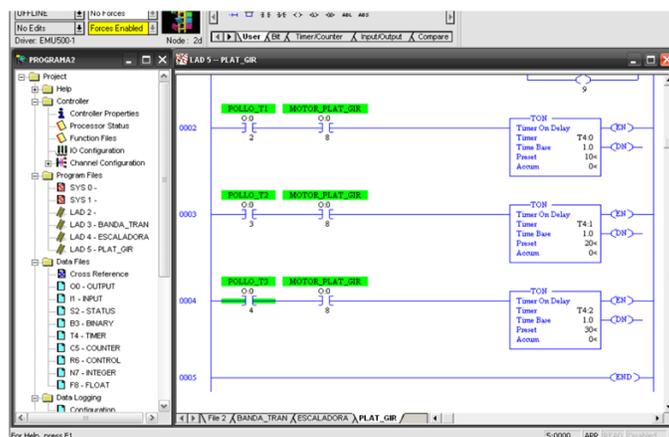


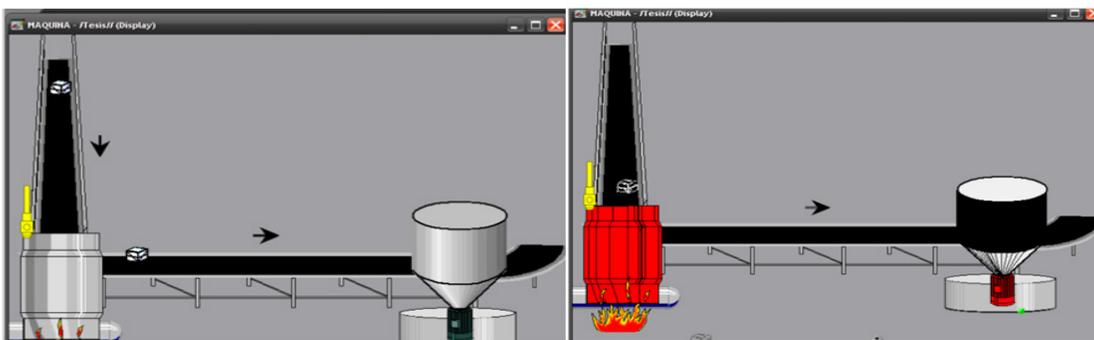
Figura 6. Programación PLAT\_GIR segunda parte

## Resultados y discusión

Conexión del Programa RS logix500 con el HMI del programa Factorytalk view studio. En el programa Factory Talk View Studio se desarrolló un interfaz humano maquina (HMI) siendo más intuitivo para el operador de la máquina, como se muestra en la Figura 7. Tenemos un botón de encendido y apagado de la máquina de color verde con un contorno en color rojo cuando la maquina este apagada e igualmente un indicador luminoso que enciende de color verde cuando la maquina está encendida. En la Figura 8, se muestra el transporte de los pollos a la escaladora, y en la Figura 9 se muestra el proceso de la máquina.



**Figura 7.** HMI Botonera



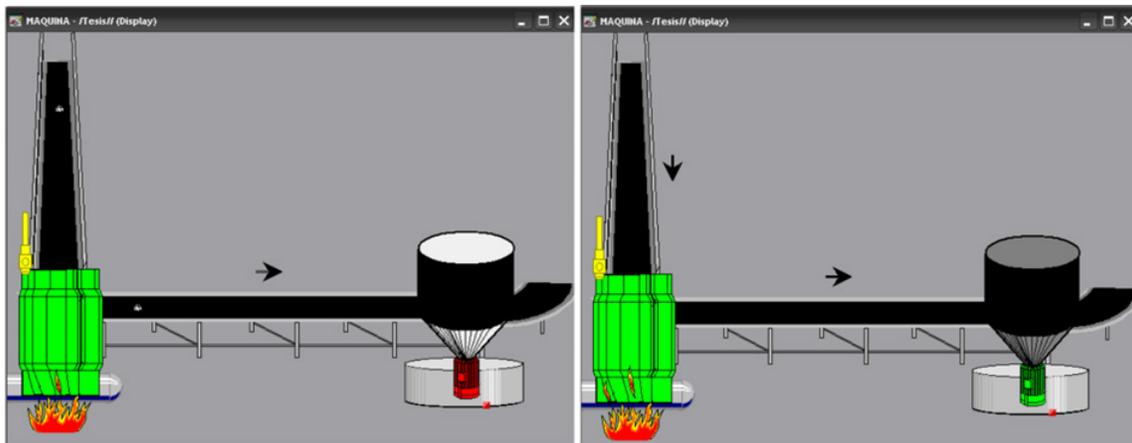
**Figura 8.** Transporte de los pollos a la escaladora

**Figura 9.** Proceso de la maquina

En caso de ocurrir algún accidente en el proceso, como marcan las normas existe un botón de paro de emergencia de color rojo, el cual se enciende junto con un indicador luminoso rojo cuando es presionado y detiene el proceso por completo. También se

encuentra en la botonera la selección del tipo de pollo con un botón de color amarillo respectivamente para cada pollo dependiendo. En la ventana del HMI se tiene una simulación del proceso en la cual se muestran las bandas transportadoras, la escaldadora y la desplumadora. Posterior al encendiendo la maquina seleccionando el tipo de pollo, la resistencia calentará el agua en la escaldadora a la temperatura correspondiente y la primera banda transportadora pasará los pollos a la escaldadora después de su degollé y limpieza, el sensor de proximidad censará la cantidad de 5 pollos y detendrá la banda para ya no ingresar más pollos, como se muestra en la Figura 10.

Posterior al tiempo de remojo de los pollos en la escaldadora, dependiendo del pollo seleccionado, son pasados a la segunda banda transportadora la cual pasará los pollos a la desplumadora, en la cual el motor encenderá y hará girar el plato del cuerpo de la desplumadora a sus respectivas RMP y por cierto tiempo dependiendo del tipo de pollo seleccionado mientras que la bomba de agua encenderá para ir roseando el agua caliente de la escaldadora sobre los pollos en la desplumadora. Posterior al tiempo de la desplumadora, los pollos serán retirados y comenzara un nuevo ciclo de desplume, como se muestra en la Figura 11.



**Figura 10.** Proceso de la escaldadora

**Figura 11.** Final del proceso

## Conclusiones

Con el diseño y los componentes implementados en el prototipo se logra un rendimiento eficiente en el proceso del desplumado de pollos en el cual conlleva a un mejor desempeño en el tiempo, forma y distribución del producto final. Con la programa-

ción y dispositivos implementados cambia la inversión de capital como el tiempo de mano obra por lo cual se deberá tomar nuevas medidas de operaciones para un mejor servicio del prototipo, así como tomar capacitación para un correcto uso y poder aumentar el tiempo útil de la máquina.

## Referencias

(s. a) «What IS a PLC? » Consultado el 23 de enero de 2013.

M. A. Laughton, D. J. Warne (ed), Electrical Engineer's Reference book, 16th edition, Newnes, 2003 Chapter 16 Programmable Controller

Alison Dunn (12 de septiembre de 2008). «The father of invention: Dick Morley looks back on the 40th anniversary of the PLC» (en inglés). Archivado desde el original el 9 de junio de 2019. Consultado el 23 de enero de 2013.

Vienna University of Technology, Introduction To Microcontrollers (Gunther Gridling, Bettina Weiss), 26 de febrero de 2007

Augarten, Stan (1983). The Most Widely Used Computer on a Chip: The TMS 1000. State of the Art: A Photographic History of the Integrated Circuit. New Haven y New York: Ticknor & Fields. ISBN 0-89919-195-9. Consultado el 2 de marzo de 2012.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (07 de junio de 2015). Pollos, gallinas y la avicultura en México. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/pollos-gallinas-y-la-avicultura-enmexico>

Unión Nacional De Avicultores (2020). Situación de la Avicultura Mexicana, Expectativas 2020. <https://una.org.mx/industria/>

Carolina Pérez Vidal (3 de junio de 2014). Proceso Productivo de la Carne de Pollo. <https://prezi.com/kl9nbjabjkqe/proceso-productivo-de-la-carnede-pollo>

# AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA UTILIZANDO UN CONTROLADOR DE AUTOMATIZACIÓN PROGRAMABLE

*Armando Flores Jaime<sup>1</sup>, Zósimo Ismael Bautista Bautista<sup>2</sup>, José Ángel Mejía Domínguez<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, Instituto Politécnico Nacional, [afloresj@ipn.mx](mailto:afloresj@ipn.mx)

<sup>2</sup>Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, Instituto Politécnico nacional, [zbautista@ipn.mx](mailto:zbautista@ipn.mx)

<sup>3</sup>Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica Unidad Zacatenco, Instituto Politécnico nacional, [jmejiad@ipn.mx](mailto:jmejiad@ipn.mx)

## Resumen

En este trabajo se presenta la automatización del sistema de control de una planta de tratamiento de agua utilizando un PAC (Controlador de Automatización programa-ble) Control Logix de Allen Bradley®. Se analizan y se propone una arquitectura de control y tipos de automatización existente, se desarrolla el lenguaje de programación del PAC, incluyendo su arquitectura. en la mayoría del proceso se aplica el control por retroalimentación y en cascada, en el arranque de bombas se utiliza el control selectivo, y de rango dividido, con lo que respecta al tipo de automatización, para el caso de estudio en particular se optó por una automatización integrada, ya que el proceso depende de diversas áreas de la empresa. Se desarrolla la programación mediante un menú principal, considerando cinco subrutinas, las dos primeras son referente al mapeo o escaneo tanto de entradas como de salidas digitales, en la siguiente tenemos lo referente a los bloques del CCM (Cuarto de Control de Maquinas), en la cuarta subrutina se encuentra todo lo referente a las alarmas, y la última es sobre el control general del proceso. El resto de la subrutina simula por secciones el proceso donde se monitorean las entradas digitales para la apertura o cierre de válvulas.

**Palabras clave:** PAC, Control, Automatización, CCM, Tratamiento de Agua.

---

## Antecedentes

Durante la depuración de un caudal de agua residual, se generan diversos residuos entre los cuales se encuentran los lodos. Los tipos de lodos y su composición dependen directamente de los procesos involucrados en el sistema de tratamiento de las aguas residuales. Es así como en los tratamientos que consideran un proceso biológico se generan biosólidos. En general el manejo de los lodos es complejo debido a diversas razones, entre ellas su alto contenido de humedad. En particular los biosólidos presentan, además, la dificultad de estar constituidos principalmente de materia orgánica la cual se descompone fácilmente generando malos olores si es que no es sometido a tratamiento. En la práctica, en la mayoría de las plantas de tratamiento que generan lodos se procede a un tratamiento de deshidratación mecánica, después del cual estos son llevados a un lugar determinado para su disposición final, EDCCC 5.

Los principales constituyentes del agua residual eliminados en las plantas de tratamiento incluyen basura, arena, espumas y lodo. El lodo extraído y producido en las operaciones y procesos de tratamiento de las aguas residuales generalmente suele ser un líquido o líquido- semisólido con gran contenido en sólidos entre el 0.25 y el 2 % en peso. El lodo es, por mucho, el constituyente de mayor volumen eliminado en los tratamientos. Su tratamiento y evacuación es, probablemente, el problema más complejo al que se enfrentan los ingenieros sanitarios. El lodo está formado principalmente por las sustancias responsables del carácter desagradable de las aguas residuales no tratadas.

Los lodos separados en el sedimentador primario y aquellos producidos en el tratamiento biológico deben ser estabilizados, espesados y desinfectados antes de ser retirados del sitio de tratamiento. A continuación, se analizan procesos para reducir el contenido de agua y materia orgánica del lodo, y se utilizan además para acondicionar el fango para su reutilización o evacuación final.

Los tipos de procesos en el tratamiento de lodos pueden agruparse en cuatro categorías, las cuales se detallan en la Tabla 1.

- Procesos físicos: destinados a la separación, reducción de volumen y peso de los lodos.
- Procesos químicos: adición de químicos para modificar las características de los lodos.
- Procesos biológicos: aplicación de biomasa para la estabilización de lodos.
- Procesos térmicos: destinados a la destrucción y detoxificación de lodos.

**Tabla 1.** Operaciones de tratamiento de lodos

PROCESOS				
FÍSICOS		QUÍMICOS	BIOLÓGICOS	TÉRMICOS
Espesamiento	Desaguado			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Decantación</li> <li>• Flotación</li> <li>• Centrifugación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Filtración</li> <li>• Centrifugación</li> <li>• Secado</li> <li>• Evaporación</li> <li>• Prensado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acondicionamiento</li> <li>• Neutralización</li> <li>• Extracción</li> <li>• Óxido-Reducción</li> <li>• Estabilización</li> <li>• Solidificación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digestión Anaeróbica</li> <li>• Digestión Aeróbica</li> <li>• Compostaje</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incineración</li> <li>• Vitrificación</li> <li>• Congelamiento</li> <li>• Cristalización</li> <li>• Oxidación por aire húmedo</li> <li>• Ceramización</li> </ul>

Fuente: Van Nostrand Reynold (1990)

En la Tabla 2 se muestran usos y aplicaciones de los distintos tipos de espesamiento de lodos.

**Tabla 2.** Aplicaciones de tipos de tratamiento de lodos

METODO	APLICABLE A	USO
Espesamiento por gravedad	Lodo primario	Muy utilizado
	Mezcla de lodo primario y exceso de biosólido	De mayor aplicación en plantas de tratamiento pequeñas
	Biosólido	Poco utilizado por la pobre concentración de sólidos
Flotación con aire disuelto	Mezcla de lodo primario y exceso de biosólido	Poco utilizado pues otorga resultados similares a un espesador por gravedad
	Biosólido	Uso frecuente pues entrega excelentes resultados
Centrifugación	Biosólido	De uso limitado por el costo de mantenimiento del equipo, pero entrega buenos resultados
Filtro banda	Biosólido	De creciente uso, por sus buenos resultados.
Espesador de tambor rotatorio	Biosólido	De uso limitado pero entrega buenos resultados

Fuente.: Metcalf & Eddy, "Ingeniería de Aguas Residuales", 1996.

## Controlador de Automatización Programable

Las plataformas Logix de Rockwell Automation proporcionan una arquitectura de control integrada única para el control de procesos, movimiento, variadores y discreto. La arquitectura integrada Logix ofrece una máquina de control, un entorno de software de programación y compatibilidad para comunicaciones común a través de varias plataformas de hardware. Todos los controladores Logix funcionan con un sistema operativo de multitarea y multiprocesamiento y admiten el mismo conjunto de instrucciones en varios lenguajes de programación. El paquete de software de programación RSLogix 5000 sirve para programar todos los controladores Logix. Además, todos los controladores Logix se comunican a través de redes EtherNet/IP, ControlNet y DeviceNet gracias a que incorporan la arquitectura NetLinx. En la Figura 1 se muestra el tablero de control, en el cual se encuentran montados el PLC y la HMI.

*Características del control logix 5561:*

- Controllogix 5561, 2 MB de memoria, Fuente de alimentación eléctrica de 10 Amp. C.A., Chasis con 13 ranuras, Tarjeta de comunicaciones Controllogix Ethernet/IP, Tarjeta de comunicaciones controllogix Controlnet, medios físicos redundantes



**Figura 1.** Tablero de control del PLC y la HMI

## Objetivo

Implementar la automatización del sistema de control de una planta de tratamiento de agua utilizando un PAC (Controlador de Automatización programable) Control Logix de Allen Bradley®. Analizar y proponer una arquitectura de control y desarrollar el lenguaje de programación del PAC.

## Parte experimental

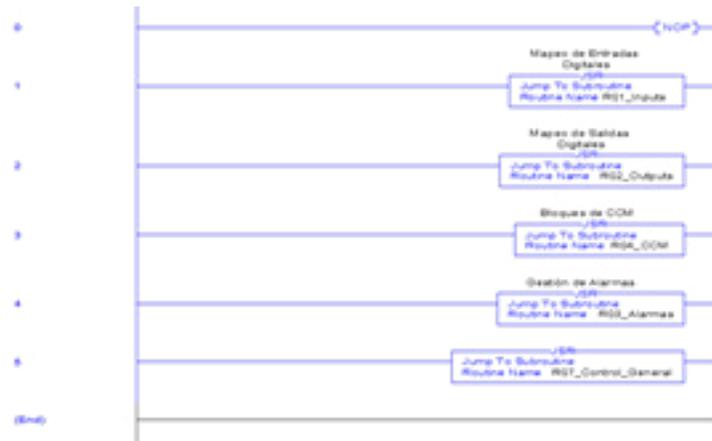
**Programa del PLC.** En la Figura 2 se muestra el CCM (Cuarto de Control de Máquinas). En la Figura 3 se muestra el menú principal, se observa que hay cinco subrutinas, las dos primeras son referente al mapeo o escaneo tanto de entradas como de salidas digitales, en la siguiente tenemos lo referente a los bloques del CCM, en la cuarta subrutina se encuentra todo lo referente a las alarmas, y la última es sobre el control general del proceso.



**Figura 2.** Cuarto de Control de Máquinas CCM

### *R00\_Principal - Ladder Diagram*

ACS\_TAMSA\_TT:MainTask:ACS\_Program 15/02/2011 09:02:07 a.m. Total number of rungs in routineD: :6\Documents and Settings\extjdl\My Documents\ACS\_TAMSA\_TT\ACS\_TAMSA\_TT\_140211.ACD



**Figura 3.** Menú principal con subrutinas



**Figura 4.** Mapeo de entradas digitales

En la Figura 4 se muestra el mapeo de las entradas digitales, se utilizaron bits de simulación con el fin de realizar pruebas para verificar el correcto funcionamiento del programa, se coloca una marca para distinguir las diferentes etapas del proceso, en la que se muestra se aprecia las entradas del filtro de arena, dichos bits de simulación activan o desactivan las solenoides de las válvulas, como lo marca el programa a la hora de cargarlo y ponerlo en marcha, es necesario sustituir estos bits por sus entradas correspondientes. El resto de la subrutina es básicamente lo mismo, en donde por secciones del proceso se monitorean las entradas digitales y dependiendo de esto se realiza la apertura o cierre de válvulas.

*R01\_Inputs - Ladder Diagram*

ACS\_TAMSA\_TT:MainTask:ACS\_Program 15/02/2011 09:02:14 a.m. Total number of rungs in routineD: :3\D3 Documents and Settings\extjdl\My Documents\ACS\_TAMSA\_TT\ACS\_TAMSA\_TT\_140211.ACD

En la Figura 5 se muestra el mapeo de las salidas digitales, de nuevo se utilizan bits esta vez la instrucción NOP con motivos de simulación, los cuales deben ser sustituidos por las salidas digitales correspondientes, el funcionamiento de este comando es que cuando este habilitado como deshabilitado no realice nada, de igual forma que en la sección anterior se realiza una separación por las partes del proceso para una fácil localización.

*R02\_Outputs - Ladder Diagram*

ACS\_TAMSA\_TT:MainTask:ACS\_Program 15/02/2011 09:02:20 a.m. Total number of rungs in routineD: :1\D2 Documents and Settings\extjdl\My Documents\ACS\_TAMSA\_TT\ACS\_TAMSA\_TT\_140211.ACD

La siguiente subrutina es de alarmas, como se muestra en la Figura 5, únicamente tenemos un bit con el tag de Alarmas Activas en Programa de Agua de Alimentación ACS R08 Alarm el cual nos activara por cualquiera de los casos anteriormente descritos, este bit a su vez activara una alarma sonora.

*R03\_Alarmas - Ladder Diagram*

ACS\_TAMSA\_TT:MainTask:ACS\_Program 15/02/2011 09:02:24 a.m. Total number of rungs in routineD: :2\Documents and Settings\extjdl\My Documents\ACS\_TAMSA\_TT\ACS\_TAMSA\_TT\_140211.ACD



**Figura 5.** Mapeo de salidas digitales



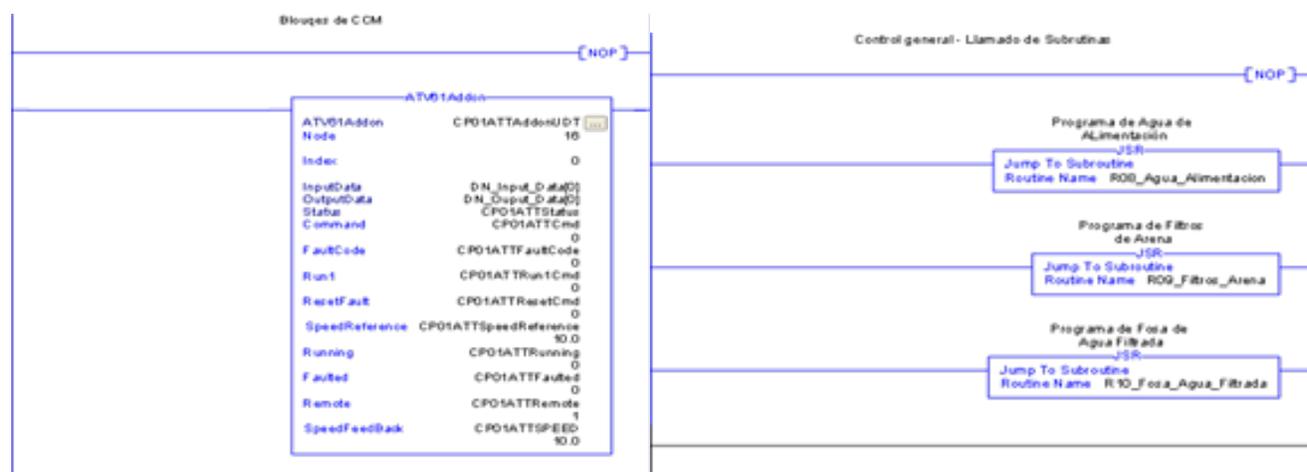
**Figura 5b.** Mapeo de salidas digitales

En la subrutina del CCM, como se muestra en la Figura 6 se utilizan bloques Add-On (Las instrucciones Add-On permiten recopilar la lógica más habitualmente utilizada en forma de conjuntos de instrucciones reutilizables, similares a las instrucciones ya incorporadas en los controladores Logix. Esto ahorra tiempo, ya que facilita la reuti-

lización del código que se utiliza con más frecuencia en los proyectos y favorece, además, la creación de proyectos más coherentes, ya que todos los algoritmos de uso regular funcionarán del mismo modo, con independencia de quién sea el programador.

## R04\_CCM - Ladder Diagram

ACS\_TAMSA\_TT:MainTask:ACS\_Program 15/02/2011 09:02:25 a.m. Total number of rungs in routineD: :3\Documents and Settings\extjdl\My Documents\ACS\_TAMSA\_TT\ACS\_TAMSA\_TT\_140211.ACD



**Figura 6.** Bloques de CCM y Control general: Llamado a subrutinas

Posteriormente pasamos a la subrutina de control general, en esta como se puede observar se mandan llamar a otras subrutinas, las cuales son referentes a la alimentación del agua, de los filtros arena y de la fosa de agua filtrada. En la de alimentación del agua, básicamente lo que se hace es realizar el escalonamiento de distintas variables por medio de bloques AddOn, dicho escalonamiento contempla variables analógicas y alarmas, dichas variables son la turbidez a la entrada, flujo de entrada referido a una alta turbidez, Deshabilitar PID de Flujo en Caso de Falla de Señal de Entrada de Flujo mediante una alarma, y el cerrar la válvula de control en caso de falla de señal de transmisor de entrada de flujo.

## R07\_Control\_General - Ladder Diagram

ACS\_TAMSA\_TT:MainTask:ACS\_Program 15/02/2011 09:02:29 a.m. Total number of rungs in routineD: :4\Documents and Settings\extjdl\My Documents\ACS\_TAMSA\_TT\ACS\_TAMSA\_TT\_140211.ACD

En la Figura 7 se muestra la sección del programa de los filtros de arena y que básicamente lo que se hace es manipular y monitorear las válvulas de los filtros.

#### R09\_Filtros\_Arena - Ladder Diagram

ACS\_TAMSA\_TT:MainTask:ACS\_Program 15/02/2011 09:02:36 a.m. Total number of rungs in routineD: :3\Documents and Settings\extjdl\My Documents\

ACS\_TAMSA\_TT\ACS\_TAMSA\_TT\_140211.ACD

Por último, en la Figura 8 y Figura 9 se muestran la sección de la fosa de agua filtrada, donde se realiza el escalamiento de nivel y flujo.

#### R10\_Fosa\_Agua\_Filtrada - Ladder Diagram

ACS\_TAMSA\_TT:MainTask:ACS\_Program 15/02/2011 09:02:39 a.m. Total number of rungs in routineD: :3\D2 ocuments and Settings\extjdl\My Documents\

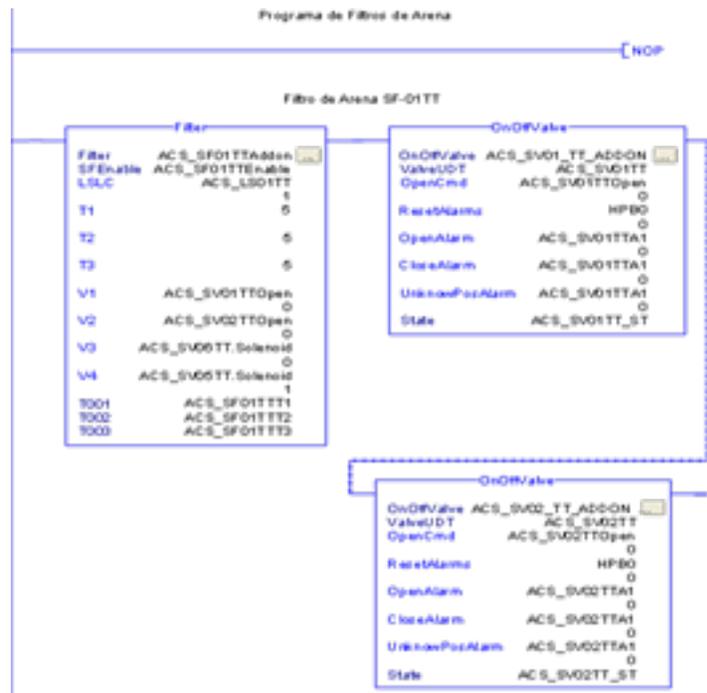
ACS\_TAMSA\_TT\ACS\_TAMSA\_TT\_140211.ACD

#### R10\_Fosa\_Agua\_Filtrada - Ladder Diagram

ACS\_TAMSA\_TT:MainTask:ACS\_Program 15/02/2011 09:02:39 a.m. Total number of rungs in routineD: :3\D2 Documents and Settings\extjdl\My Documents\ACS\_TAMSA\_TT\ACS\_TAMSA\_TT\_140211.ACD

## Resultados

En la Tabla 3 se muestra el análisis de costos del proyecto.



**Figura 7.** Programa de Filtros de Arena



**Figura 8.** Programa de escalamiento de Nivel

## Conclusiones

Se realizó de manera satisfactoria la automatización del sistema de control de una planta de tratamiento de agua utilizando un Controlador de Automatización Programable Controllogix 5561. Se realizaron las secuencias de operación para cada una de las etapas de la planta de tratamiento de agua. Se realizaron las pruebas pertinentes dentro de la empresa en donde se comprobó el funcionamiento correcto de la implementación, además de los elementos integrados en el CCM. Para validar el correcto funcionamiento del sistema se desarrolló una Interfaz Humano máquina mediante Software de Ingeniería Especializado. La implementación de este proyecto con un PAC fue muy importante ya que el proceso es robusto y considera señales de entradas digitales y analógicas, y se programó con el software Rsllogix 5000. Se muestran también un análisis de costos para la implementación del proyecto.

**Tabla 3.** Análisis de costos para la puesta en marcha

Desglose de Actividades TT (Filtros SAUX Norte)			
Programa PLC LACO/CD programación, comisionamiento y puesta en Marcha			
Item	Actividades	Herramientas y Material	PU
1.1	Realización de programa de PLC para Procesador Controllogix 5561	Software RSLogix 5000 Profesional V17.0	\$ 3,200.00
1.2	Carga, comisionamiento y depuración de Programa de PLC	Software RSLogix 5000 Profesional V17.0 RSLinx Profesional V2.54	\$ 2,300.00
1.3	Puesta en Marcha de Programa de PLC	Software RSLogix 5000 Profesional V17.0 RSLinx Profesional V2.54	\$ 3,500.00
Configuración, comisionamiento y puesta en marcha de Red Control Net PLC			
Item	Actividades	Herramientas y Material	PU
2.1	Configuración de Red Control Net	Software RSLogix 5000 Profesional V17.0 Software RSNetworx for Control Net V9.0	\$ 3,600.00
2.2	Ponchado y conexión de Cables coaxiales Control Net	Kit de cable coaxial marca AB Cat. 1786-CTB Control Net Plugs marca AB Cat. RG-6QS  Taps Control Net Coax marca AB Cat. 1786-TPR	\$ 1,200.00

2.3	Carga de Configuración de Red y puesta en Marcha	Software RSLogix 5000 Profesional V17.0 Software RSNetworx for Control Net V9.0	\$ 1,300.00
Comisionamiento de Entradas y salidas Programa Filtros TT			
Item	Actividades	Herramientas y Material	PU
3.1	Comisionamiento de Entradas/Salidas Digitales en Tablero de Remoto 10	Software RSLogix 5000 Profesional V17.0 Software RSNetworx for Control Net V9.0 Multímetro Fluke 177	\$ 2,800.00
3.2	Comisionamiento de Entradas/Salidas Analógicas en Tablero de Remoto	Software RSLogix 5000 Profesional V17.0 Software RSNetworx for Control Net V9.0 Multímetro Fluke 177	\$ 1,400.00
Integración y comisionamiento de Pantallas de Wonderware TT Filtros SAUX Norte			
Item	Actividades	Herramientas y Material	PU
5.1	Realización de Proyecto Wonderware para TT Filtros SAUX Norte	Software Wonderware Intouch 10.0 Licencia Development Studio Unlimited	\$ 10,500.00
5.2	Comisionamiento de Pantallas de HMI	Software RSLogix 5000 Profesional V17.0 Software RSNetworx for Control Net V9.0 Software Wonderware Intouch 10.0 Licencia Development Studio Unlimited	\$ 700.00
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 34,700.00</b>

## Referencias

- Girovich, M.J. (1996). Biosolids treatment and management. Ed. Marcel dekker, Inc. USA.
- Alejandro Mauricio Hammeken Arana (2005). Tesis Análisis y diseño de una planta de tratamiento de agua residual para el municipio de san Andrés Cholula
- María Angélica García Zarza (2003). Tesis: método alternativo para tratar lodos de plantas de aguas residuales en México
- Elvira Del Carmen Cortez Cádiz (2003). Fundamentos de ingeniería para el tratamiento de los biosólidos generados por la depuración de aguas servidas de la región metropolitana.
- Carlos Fortino Cortina Domínguez y Ricardo Márquez Ortiz (2008). Alternativa de tratamiento de aguas residuales de la industria textil.



# CIENCIAS QUÍMICAS



# PREPARACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE SENSORES DE GASES BASADOS EN GRAFENOS FUNCIONALIZADOS

*Luz María García Rivera\*<sup>1</sup>, Leonardo Rejón García<sup>2</sup>, Juan Manuel Padilla Flores<sup>3</sup>, Adriana Reyes Mayer<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos, [luzmagriv@gmail.com](mailto:luzmagriv@gmail.com)

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias,

<sup>3</sup>Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz

## Resumen

La siguiente propuesta, presenta los avances en el desarrollo de sensores que permitan el monitoreo en tiempo real de la calidad del SF<sub>6</sub>, mediante la evaluación de la presencia de subproductos de éste, en particular del SO<sub>2</sub>. El SF<sub>6</sub> es utilizado como material dieléctrico principalmente en interruptores de potencia. Se diseñaron sensores a base de nanocompuestos grafíticos decorados con distintas Np's metálicas. Se utilizó óxido de grafeno (OG), como nanoestructura principal del nanocompuesto y se caracterizó mediante DRX y espectroscopía Raman. Posteriormente se funcionalizó con Np's metálicas de Pt-Sn/TiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub> y Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Para la caracterización fisicoquímica de los sensores se utilizó microscopía SEM, AFM y óptica. Así como pruebas de eficiencia de los sensores a escala laboratorio en una cámara de gas utilizando una mezcla N<sub>2</sub>-SO<sub>2</sub> a 120 ppm de este último. El nanocompuesto con una relación peso 1:3 (resina-nanoestructura Pt-Sn/TiO<sub>2</sub>) presentó una respuesta promedio de 59% ante la presencia de SO<sub>2</sub>.

**Palabras clave:** sensores de gas, nanocompuesto, óxido de grafeno, nanopartículas de óxidos metálicos, matriz polimérica

## Antecedentes

La energía eléctrica que llega diariamente a nuestro hogar es distribuida mediante una red eléctrica a lo largo del país, donde un elemento esencial son las subestaciones eléctricas, las cuales tienen como objetivo distribuir y modificar la energía a los parámetros necesarios para su utilización. Algunos de los elementos que encontramos dentro de una subestación son transformadores, los cuales cuentan con sistemas aislantes, estos tienen como finalidad asegurar el aislamiento eléctrico entre los conductores, piezas metálicas y la carcasa; estos pueden ser de diferentes elementos tales como: aceite dieléctrico y hexafluoruro de azufre, siendo este último el más común en la actualidad (Huamaní, 2018). El SF<sub>6</sub> es un compuesto químico gaseoso ideal para usarse como inhibidor de arco eléctrico, ya que tiene una gran estabilidad química gracias a su perfecto arreglo simétrico. Sin embargo, durante su empleo puede contaminarse con impurezas como humedad y oxígeno generando subproductos que originan una disminución en su capacidad dieléctrica, además que lo convierten en una sustancia peligrosa para la salud humana y al ambiente (Carpio, 2017, Molina L., 2011). Debido a su alto impacto al medio ambiente y posibles problemas de fuga, se debe establecer un sistema de monitoreo para el SF<sub>6</sub> con el que se garanticen las mejores condiciones del gas y así prevenir cualquier eventualidad (Erasmus, 2020). A lo largo de los años se han implementado diferentes sistemas de monitoreo donde se han aplicado diversas técnicas (Huamaní, 2018); aunque han sido eficientes en su momento, actualmente esta tecnología no se considera óptima para el monitoreo del SF<sub>6</sub>, dado que no se lleva a cabo de manera continua, lo que dificulta el correcto análisis de la integridad del gas. De acuerdo con la literatura, se sabe que los sensores de tipo resistivo son capaces de dar una respuesta ante un cambio químico de su entorno, se puede considerar la presencia de una especie diferente, como un gas, y dar una señal de salida ante eso. Los materiales grafíticos se han estudiado para su uso en sensores, en especial el óxido de grafeno (OG), por su bajo espesor atómico y gran número de sitios activos en la superficie, lo que permite una gran sensibilidad al entorno. De esta manera se propone un sistema de monitoreo de SF<sub>6</sub> mediante un sensor de gas compuesto por un circuito interdigitado recubierto con un nanomaterial compuesto de base polimérica, reforzado con OG funcionalizado covalentemente con distintas nanopartículas de óxidos metálicos, dado que al generar una sinergia de todas las características de los materiales involucrados se puede obtener un sensor muy sensible al entorno, capaz de monitorear de forma continua el gas SO<sub>2</sub> y de esta forma conocer el estado del gas SF<sub>6</sub>, dado

que si se obtiene respuesta ante el  $\text{SO}_2$  se entiende que el  $\text{SF}_6$  está generando subproductos y por ende ya no se encuentra en las condiciones necesarias para asegurar el óptimo funcionamiento del sistema de aislamiento y de esta forma tomar las acciones necesarias para el correcto funcionamiento del sistema, con lo cual se previene una situación no deseable.

## Objetivo

Diseñar y caracterizar un sensor a base de nanocompuestos gráficos decorados con Np's metálicas dispersados en una matriz polimérica, para su aplicación en sensores de gas.

## Desarrollo experimental

### *1. Síntesis de óxido de grafeno por el método Hummers modificado*

Tras llevar a cabo la revisión bibliográfica, se determinó utilizar grafeno en su variante óxido de grafeno, dado que esta especie es más sensible y selectiva en el entorno en que se encuentre. La técnica propuesta por Hummers para la obtención de OG es la más empleada en la actualidad, consiste en la oxidación de grafito con agentes oxidantes fuertes (Colom, Cañavate, Lis, Sanjuan, & Gil, 2020), utiliza como agente oxidante  $\text{KMnO}_4$ , sin embargo, este reactivo no se encontraba a nuestro alcance por lo que decidimos utilizar  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , por tal razón llamamos al proceso de síntesis como método de Hummers modificado.

### *2. Funcionalización de OG con Np's metálicas*

La funcionalización de la superficie de OG consiste en la modificación de la estructura gráfica del carbono mediante la introducción de átomos o grupos funcionales, en este caso será la introducción de distintas Np's metálicas (figura 1), las cuales son  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  y  $\text{Pt-Sn/TiO}_2$ .



**Figura 1.** Np's metálicas empleadas para la funcionalización de OG (A)  $Al_2O_3$ , (B)  $TiO_2$  y (C)  $Pt-Sn/TiO_2$

Las propiedades finales de los nanocompuestos poliméricos basados en grafeno funcionalizados dependen en gran parte de las condiciones de proceso utilizadas durante su obtención; la presencia de grupos funcionales reactivos en los derivados oxigenados de grafeno, como es el óxido de grafeno, permite llevar a cabo una funcionalización covalente en su superficie de diferentes grupos simultáneamente (Molina M. C., 2017), de igual forma se reduce la cantidad de esfuerzo entre las fases y consigue una buena dispersión y distribución en la matriz polimérica (Guillamón, 2018). La obtención de los nanocompuestos puede realizarse mediante una gran cantidad de técnicas o incluso por la combinación de ellas; en este caso será una técnica híbrida de ultrasonido y secado en horno.

### ***3. Formulación de nanocompuestos y preparación de los sensores***

La formulación de nanocompuestos se conforma del refuerzo de OG funcionalizado obtenido previamente y una matriz polimérica de uso comercial, con la finalidad de evaluar su comportamiento de acuerdo con las Np's metálicas empleadas para la decoración de OG, así como de las concentraciones en el nanocompuesto, se prepararon las distintas formulaciones, sustituyendo en cada caso las Np's utilizadas, para su posterior análisis.

Existen varias técnicas de procesamiento para lograr una buena dispersión del refuerzo en la matriz, entre las principales se incluyen la agitación mecánica y la ultrasónica. La agitación mecánica se emplea para dispersar partículas en sistemas líquidos, mientras que la ultrasónica se recomienda para proporcionar energía localizada para dispersar aglomerados, en especial cuando las nanoestructuras se encuentran en medios de baja viscosidad (Fernández, 2017). Considerando lo anterior se optó por utilizar el método

de sonicación para lograr homogenizar los nanocompuestos finales. Una vez que se obtuvieron las formulaciones, se utilizó un aerógrafo como medio de deposición de los nanocompuestos en la superficie de las tarjetas interdigitadas, esto con la finalidad de lograr un recubrimiento homogéneo en todo el sensor. A continuación, se muestran las tarjetas interdigitadas recubiertas con el nanocompuesto obtenido con base en las distintas nanopartículas metálicas a las concentraciones mencionadas anteriormente.



**Figura 2.** Tarjetas interdigitadas recubiertas con el nanocompuesto de Pt-Sn/TiO<sub>2</sub> a distintas concentraciones.

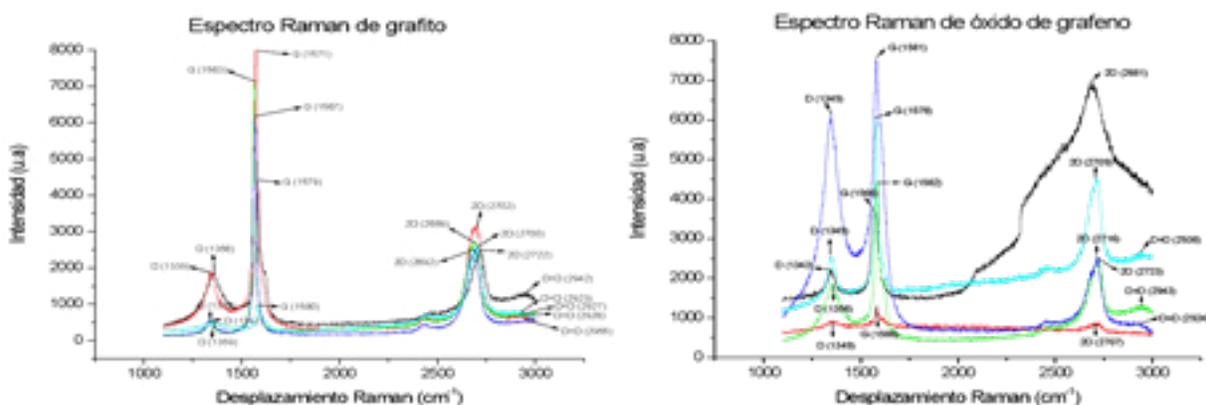
## Resultados y discusión

Los resultados y discusiones se presentan en dos etapas, en primer lugar se muestran los resultados de la caracterización de OG mediante las técnicas de espectroscopía Raman y difracción de rayos X; posteriormente se presentan los resultados del análisis micrográfico de la superficie de los sensores posterior a su recubrimiento con los nanocompuestos.

### 1. Análisis de espectroscopía Raman del OG

La espectroscopía Raman se utilizó con la finalidad de identificar el estado de conversión de grafito a OG, por lo que se empleó la técnica por mapeo, es decir, se tomó una cantidad de muestra aleatoria, en la cual se realizaron 5 mediciones desde diferentes puntos de esta, con el objetivo de comprobar el estado y homogeneidad del cambio, por tal motivo se muestran espectros de distintos colores en la figura 3, con la finalidad de comparar las diferentes zonas analizadas. La figura 3A muestra el espectro obtenido posterior al mapeo de la muestra del grafito comercial empleado como precursor, al compararlo con la literatura, se distinguen claramente las bandas características de un grafito hexagonal, considerando como bandas principales a la banda G y D. En la figura 3B se presenta el espectro Raman correspondiente al mapeo de la muestra

de OG obtenido por el método de Hummers modificado, el cual se comparó con el espectro de referencia (Orozco, 2011). Se observa una distorsión del espectro de OG, considerando los cambios de intensidades en las bandas D y G, esto debido al cambio en la estructura del grafito posterior a los procesos de oxidación y exfoliación, por lo que la intensidad de la banda D aumenta al existir mayor desorden de las láminas y la introducción de grupos funcionales a la estructura.



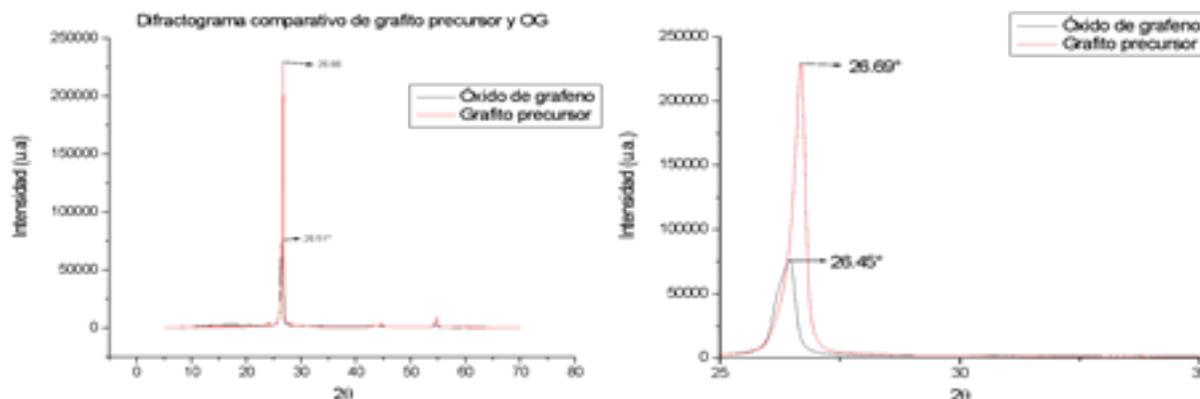
**Figura 3.** Espectros Raman (A) Grafito precursor y (B) óxido de grafeno.

Al llevar a cabo las 5 mediciones correspondientes, se observa una gran variación en las intensidades y anchuras de las bandas, lo que nos indica que la muestra no es homogénea, es decir, en algunas zonas pudo llevarse a cabo un mayor porcentaje de conversión de grafito a OG que en otras, de manera general, si se consiguió obtener OG por el método empleado, sin embargo, no es el mejor proceso para hacerlo, como principal causa ante esto se considera el cambio de agente oxidante, ya que al emplear un agente más débil quizá no fue lo suficiente para lograr la conversión homogénea del material.

## 2. Análisis de difracción de rayos X del OG

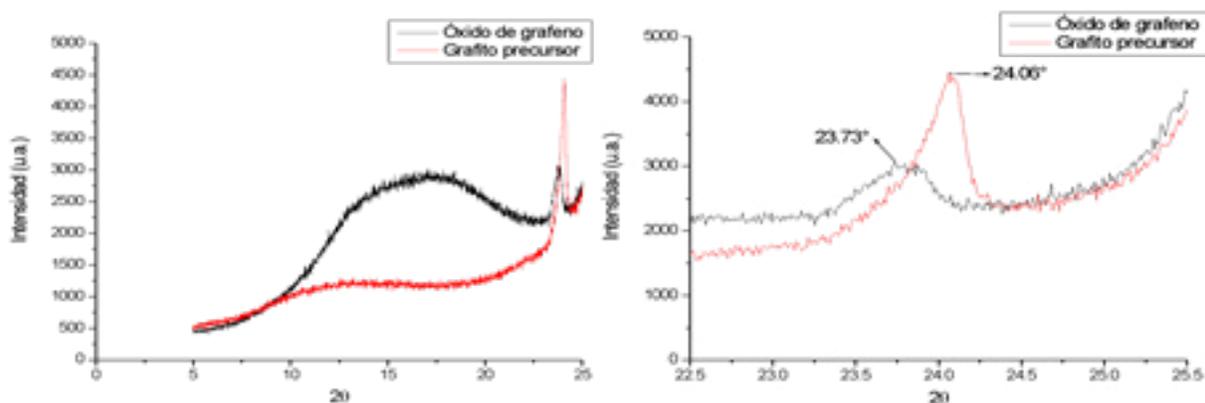
A continuación, se muestran los difractogramas obtenidos del óxido de grafeno sintetizado por el método de Hummers modificado comparados con el obtenido del grafito precursor. La figura 4A, presenta el difractograma comparativo del grafito precursor y el óxido de grafeno, se logran apreciar los dos picos característicos del grafito, uno a los  $26.6^\circ$  y otro a  $44.6^\circ$  correspondiente al plano C (002), lo que nos indica una estructura hexagonal típica de los materiales carbonos. Si bien el OG también presenta

un pico similar al grafito, este no es tan intenso, lo que manifiesta que la estructura cristalina se ha modificado tras el proceso de oxidación. La figura 4B es una ampliación en el intervalo de los  $25^\circ$  a  $35^\circ$  con la finalidad de apreciar mejor la diferencia de intensidad entre ambos picos principales, se aprecia un ligero desplazamiento hacia la izquierda del pico principal posterior a la oxidación del grafito.



**Figura 4.** Difractogramas comparativos de grafito precursor (rojo) y OG (negro), (B) Ampliación del pico principal, plano (002) en el intervalo de  $25^\circ$  y  $35^\circ$ .

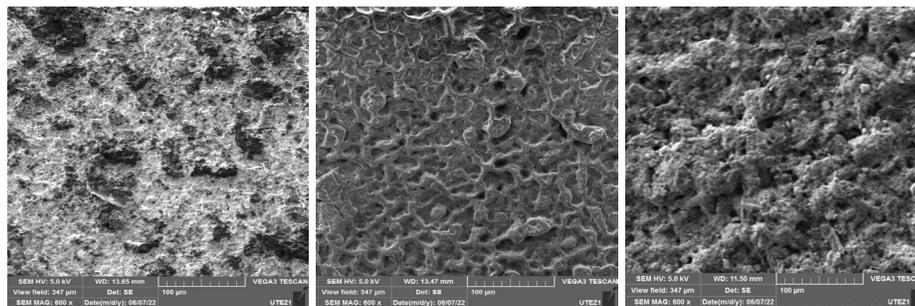
La figura 5A representa la ampliación en el intervalo de  $0^\circ$  a  $25^\circ$  del difractograma principal, en el que se puede apreciar la elevación de una curva en el ángulo  $15.3^\circ$  de nuestra muestra estudiada. Con base a la literatura, se dice que el pico de difracción característico de OG se desplaza en  $2\theta$  a  $9.93^\circ$  o a los  $10.6^\circ$ , lo cual, es indicativo de una gran distancia entre sus capas derivada de la incorporación de los grupos funcionales entre los planos del grafito, así como de su naturaleza cristalina. La figura 5B corresponde a una ampliación en el intervalo de  $22.5^\circ$  a  $25.5^\circ$ , se observa para OG un pico ancho alrededor de los  $23.73^\circ$ , debido al re-apilamiento de las capas de grafeno, ya que durante el proceso de síntesis se restablecen parcialmente los dominios  $sp^2$  de la estructura, lo cual se identifica mediante el corrimiento hacia la izquierda del pico, así como la disminución de la intensidad de este.



**Figura 5.** Ampliaciones del difractograma comparativo de grafito precursor (rojo) y OG (negro), (A) de  $0^\circ$  a  $25^\circ$  y (B) en el intervalo de  $22.5^\circ$  a  $25.5^\circ$ .

### 3. Análisis de microscopía electrónica de barrido

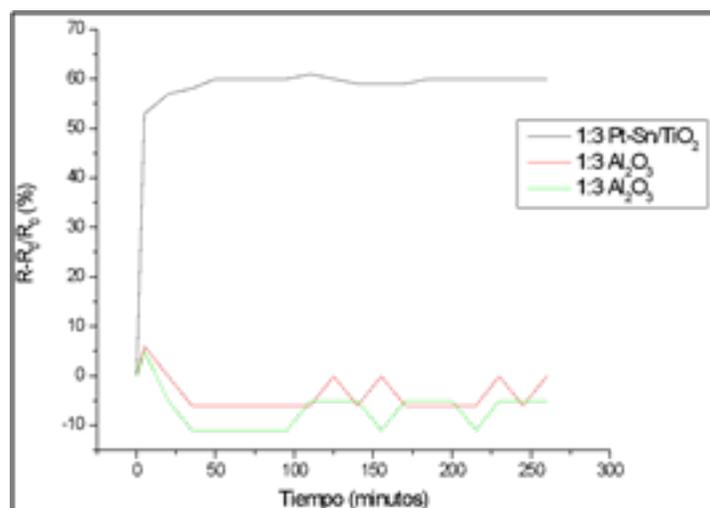
Se analizaron las muestras con una concentración [1:3] dado que al ser las de mayor concentración de nanoestructuras se observa una mejor respuesta ante la presencia del gas, lo cual se discutirá más adelante. Para el análisis del sensor [1:3] de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , figura 6A, fue un poco complicado, dado que la naturaleza del material dificulta llevar a cabo la técnica por lo que la micrografía resultante no tiene la misma calidad que las anteriores. Aun así, es notoria su gran variación de distribución del material, existen zonas con mayor cantidad de material que otras (casi carentes del material). La superficie del sensor [1:3] de  $\text{TiO}_2$  (I), figura 6B, tiene un patrón de ramificaciones a lo largo de la superficie, con algunas aglomeraciones en minoría de mayor tamaño. Se observa una buena distribución del material, si bien no es homogénea, el patrón de distribución no presenta grandes variaciones por la superficie. La figura 6C, corresponde a la micrografía obtenida del sensor [1:3] de  $\text{Pt-Sn/TiO}_2$  donde se logran apreciar pequeñas aglomeraciones a lo largo de toda la superficie, por lo que no es un material homogéneo, sin embargo, presenta una buena distribución. La forma particular de las aglomeraciones se puede comparar a una superficie porosa, lo que nos permite tener una mayor área superficial, punto clave para nuestro objetivo, puesto que se sabe que un material poroso tiene ventaja en el proceso de detección a comparación con un material “liso”; considerando los resultados obtenidos por medio de otras técnicas se puede decir que esto es favorable para su efectividad.



**Figura 6.** Micrografías SEM correspondientes a los sensores (A) [1:3] de  $Al_2O_3$  (B)[1:3] de  $TiO_2$  (T) (C)[1:3] de  $Pt-Sn/TiO_2$

#### 4. Pruebas de efectividad en cámara de gas

Las pruebas de eficiencia se realizaron en una cámara de gas diseñada para este proyecto en particular, por lo que fue necesario realizar su armado y comprobar su hermeticidad antes de introducir los sensores en esta. Una vez preparado el sistema, se midieron las referencias en un ambiente de  $N_2$ , de esta manera obtenemos una línea base de las mediciones que se esperan al poner en contacto los sensores con el  $SO_2$ . Posteriormente, se cargó la cámara de  $SO_2$  a 120 ppm y se monitoreó el comportamiento de los sensores por alrededor de 280 minutos, dado que nuestro objetivo es tener un sensor que brinde respuesta de manera inmediata al estar en contacto con  $SO_2$ . Las formulaciones a base de  $TiO_2$  no brindaron respuesta en ningún ambiente, probablemente esto se debió a que sobrepasaba la capacidad de medición del multímetro empleado, por tal motivo es que no se tienen resultados que mostrar al respecto. Las líneas de color verde y rojo representan a la formulación [1:3]  $Al_2O_3$ , la cual tiene una respuesta entre el 3% y 7%, el patrón de su comportamiento es repetitivo, es decir, si presenta cambios ante la presencia del  $SO_2$  dentro de los primeros minutos, posteriormente se estabiliza y cada cierto tiempo presenta cambios nuevamente de manera espontánea; el porcentaje de respuesta es muy bajo a lo requerido para la aplicación. Para la formulación [1:3]  $Pt-Sn/TiO_2$ , se obtuvo una respuesta promedio del 59% casi de manera instantánea al estar en contacto con el  $SO_2$ , lo cual es un resultado prometedor para su aplicación a nivel industrial, si bien aún faltan estudios por hacer al respecto es un buen inicio para esta formulación en particular.



**Figura 7.** Gráfica comparativa de las resistencias relativas, resultado de las pruebas de efectividad de los sensores.

## Conclusiones

Al utilizar el método de Hummers modificado se obtuvo de manera parcial OG, es decir, la oxidación no fue de manera homogénea en toda la muestra, esto se debe principalmente por el cambio del agente oxidante empleado en la síntesis.

Las técnicas de microscópicas, muestran resultados congruentes entre ellos, nos brindan una buena imagen de la distribución y morfología del nanocompuesto sobre la superficie de los circuitos interdigitados. Se lograron identificar ciertos patrones de solidificación en los nanocompuestos a base de estas Np's metálicas, de igual forma que entre mayor es la cantidad de la matriz empleada es más propensa la formación de aglomeraciones de mayor tamaño.

Las formulaciones de la concentración [1:3] son las que brindan mejores resultados tanto en la distribución del material, como de sensibilidad a los cambios en su entorno. Las pruebas de eficiencia son punto clave en nuestra investigación, dado que mediante ellas podemos evaluar la sensibilidad de los sensores ante los cambios en su entorno, esto nos permitió identificar que la formulación [1:3] de Pt-Sn/TiO<sub>2</sub>, es la que muestra mejores resultados para el monitoreo de SO<sub>2</sub>, alcanzando una respuesta promedio de 59% de cambio de su resistencia ante la presencia del gas, lo que sugiere que es un sensor muy viable para su aplicación.

## Agradecimientos

Los autores agradecemos el apoyo del Dr. Vicente Rodríguez González del IPIICYT, el Dr. Francisco Javier Tzompantzi Morales de la UAM Iztapalapa y la Dra. Manuela Calixto Rodríguez de la UTEZ, por apoyarnos en las caracterizaciones de espectroscopía Raman, difracción de rayos X y microscopía electrónica de barrido, respectivamente. Al Ing. José Carlos Ruiz Vázquez por su apoyo durante las pruebas de eficiencia de los sensores.

## Referencias

- Carpio, R. V. (2017). *Diseño de un sistema de gestión integral para el hexafluoruro de azufre en la empresa eléctrica regional centro sur C.A.* Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Colom, X., Cañavate, J., Lis, M., Sanjuan, G., y Gil, I. (2020). Análisis estructural de óxidos de grafeno (OG) y óxidos de grafeno reducidos (rGO).
- Erasmus. (2020). *Vaisala*. Obtenido de Transmisor para gas SF6: <https://www.erasmus.com.co/index.php/es/lineas-de-productos/monitoreo-de-humedadsf6/en-sf6>
- Fernández, G. R. (2017). *Efecto de la química superficial del óxido de grafeno en el desarrollo de aplicaciones*. España: Universidad de Alicante.
- Guillamón, Á. G. (2018). *Preparación y caracterización de nuevos nanocomposites de óxido de grafeno modificado con líquido iónico*. Cartagena: Universidad Politécnica de Cartagena.
- Huamaní, M. (2018). *El SF6 en la industria eléctrica y su impacto en el medio ambiente*. Lima: CITE energía.
- Molina, L. (Marzo de 2011). *ElectroIndustria*. Obtenido de El hexafluoruro de azufre: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1563&tip=7&xit=el-hexafluoruro-de-azufre>
- Molina, M. C. (2017). *Desarrollo de métodos sintéticos basados en química click para la preparación de materiales avanzados grafeno-polímero*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.
- Orozco, R. D. (2011). *Síntesis y caracterización de materiales compuestos de óxido de grafeno con nanopartículas de plata y con dióxido de titanio*. San Luis Potosí, México.
- Schedin, F., Geim, A., Morozov, S., Hill, E., Blake, P., & Katsnelson, M. (2007). *Detection of individual gas molecules adsorbed on graphene*. Nature Materials.
- Velázquez, V. J. (2015). *Nanomateriales de carbono, síntesis, funcionalización y aplicaciones*. Madrid: Universidad Carlos III de Madrid.

# ESTABILIZACIÓN DE UN REACTOR ANAEROBIO CON LA CODIGESTIÓN DE RESIDUOS DE MARISCOS Y PESCADOS Y VINAZAS MEZCALERAS PARA LA PRODUCCION DE BIOGAS

*Kathia Amital Lemus Sagrero, Xóchitl Lucero Hernández Arroyo,  
Ma. del Carmen Chávez Parga, José Apolinar Cortés.*

*División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ingeniería Química, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Gral. Francisco J. Mújica S/N, Morelia, 58040, Michoacán, México.*

[1731183c@umich.mx](mailto:1731183c@umich.mx), [1371288j@umich.mx](mailto:1371288j@umich.mx), [cparga@umich.mx](mailto:cparga@umich.mx), [jose.apolinar@umich.mx](mailto:jose.apolinar@umich.mx)

## Resumen

Los residuos emitidos por la industria restaurantera de mariscos y pescados y las industrias mezcaleras generan efectos adversos al ambiente. Para minimizar su impacto desfavorable, y aprovechar los residuos para la obtención de energía, se evaluó el tiempo y condiciones de estabilización de un reactor anaerobio semicontinuo a escala piloto de 28 L, cuando se aplican pretratamientos combinados a los sustratos de: temperatura de 50°C, pH de 6.5 y relación volumétrica 1 mariscos y pescados /2 vinazas mezcaleras. Se añadió un 20% de su volumen útil del inóculo anaerobio, posteriormente se alimentaron 5 L con una concentración de 18 g SV L<sup>-1</sup> de los residuos pretratados cada semana hasta su llenado (20 L). En la etapa de estabilización se alimentaron 5 L de los residuos cada 168 h. Se obtuvo que el reactor se estabilizó en un periodo de 50 días, con una producción promedio diario de 16 ± 4 N L con concentración de metano de 76.49%.

**Palabras clave:** Anaerobiosis, residuos, metano, biogás, codigestión,

---

## Antecedentes

Los deshechos de los alimentos han incrementado en función del crecimiento poblacional, para el año 2019 se produjeron 931 millones de toneladas de desechos alimentarios, dentro de los que se encuentra los residuos de la industria restaurantera de mariscos y pescados ( $V_{MP}$ ), que son los responsables de las emisiones de gases de efecto invernadero entre 8% y 10% (Clementine. O, 2021).

Durante el proceso de producción de mezcal se genera una corriente de volumen residual denominada vinazas ( $V_v$ ), obtenida de la última etapa de destilación. En México en 2019 se produjeron del orden de 7 150 000 litros de mezcal, y por cada litro de mezcal se desechan 15 litros de vinaza como residuo agroindustrial (Villalobos Castillejos, 2009), y su descarga sin ningún tipo de tratamiento genera efectos adversos sobre suelos y cuerpos de agua (Robles-González, Galíndez-Mayer, Rinderknecht-Seijas, & Poggi-Varaldo, 2012)

La codigestión anaeróbica es utilizada para el tratamiento de los residuos alimenticios y agroindustriales, además de que contribuye con la producción de energía en forma de biogás y la recuperación de nutrientes esenciales (carbon, nitrógeno y fósforo). Con el fin de incrementar la concentración de metano en el biogás, además de la codigestión, se han aplicado pretratamientos individuales y/o combinados de tipo químico, térmico, mecánico y/o biológico (Filer, Ding, & Chang, 2019)

Kafle y colaboradores (2013) estudiaron la digestión de residuos de pescado en pruebas BMP para la obtención de  $CH_4$  y obtuvieron el rendimiento de 441 a 482 mL  $CH_4$   $g^{-1}SV$ , variando el TRH (Kafle, Kim, & Sung, 2013). Por otra parte, Edwiges y colaboradores (2018) realizaron la investigación de la influencia de la composición de lotes diferentes de residuos de frutas y verduras, obtuvieron rendimientos de 288 a 516 N mL  $CH_4$   $g^{-1} SV$  (Edwiges et al., 2018). López y colaboradores (2020) investigaron la digestión anaerobia de vinazas de mezcal para su tratamiento y generación de energía a través de ensayos bioquímicos de potencial de metano, variando la relación de inóculo y vinazas, los resultados mostraron un porcentaje de  $CH_4$  hasta 81% (López Velarde Santos, Ventura Ramos, Rodríguez Morales, & Oliver, 2020).

Solé-Bundó y colaboradores (2017) estudiaron los pretratamientos de alcalinidad y térmico aplicados en la codigestión anaeróbica de la biomasa de micro algas cultivadas en aguas residuales y paja de trigo; los resultados mostraron que se incrementó el rendimiento hasta en un 77% cuando se aplican pretratamientos (Solé-Bundó, Eskioglu, Garfí, Carrère, & Ferrer, 2017).

## Objetivo

Determinar parámetros fisicoquímicos y el tiempo de estabilización de un reactor anaerobio cuando se aplican los pretratamientos combinados, químico, térmico y relación volumétrica de residuos de mariscos y pescados y vinazas mezcaleras ( $V_{MP} / V_V$ ).

## Metodología

### *1. Pretratamientos para residuos*

Las combinaciones que se llevaron a cabo para los pretratamientos fueron: se realizó la mezcla de la relación volumétrica  $1 V_{MP} / 2 V_V$ , posteriormente se ajustó su concentración a  $30 \text{ g L}^{-1}$  de demanda química de oxígeno (DQO) con agua desionizada a  $50^\circ\text{C}$ , y finalmente el valor de pH se ajustó a 6.5, con adición de CaO, la medición se llevó a cabo con un potenciómetro marca Thermo Scientific modelo

### *2. Diseño, construcción y operación de reactor anaerobio*

El reactor se estableció de un volumen de 28 L, de forma cilíndrica, y tenía efluente, influente, dos resistencias, termo pozo, pantalla digital para controlar la temperatura, purga de lodos, salida de biogás y toma de muestreo. Para la operación del reactor se dio seguimiento a los parámetros de pH, sólidos volátiles (SV) en influente e efluente, alcalinidad, relación alfa, generación de biogás ( $\text{CH}_4$ ), remoción de carga orgánica.

### *3. Producción y composición del biogás del reactor escala piloto*

La cuantificación de  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$  en el biogás fue realizada en un cromatógrafo de gases BUCK SCIENTIFIC modelo 910 con una columna de sílice SS de un metro de longitud y un diámetro externo de 3.17 mm con unión finger-tight (Filer et al., 2019; Pham, Triolo, Cu, Pedersen, & Sommer, 2013)

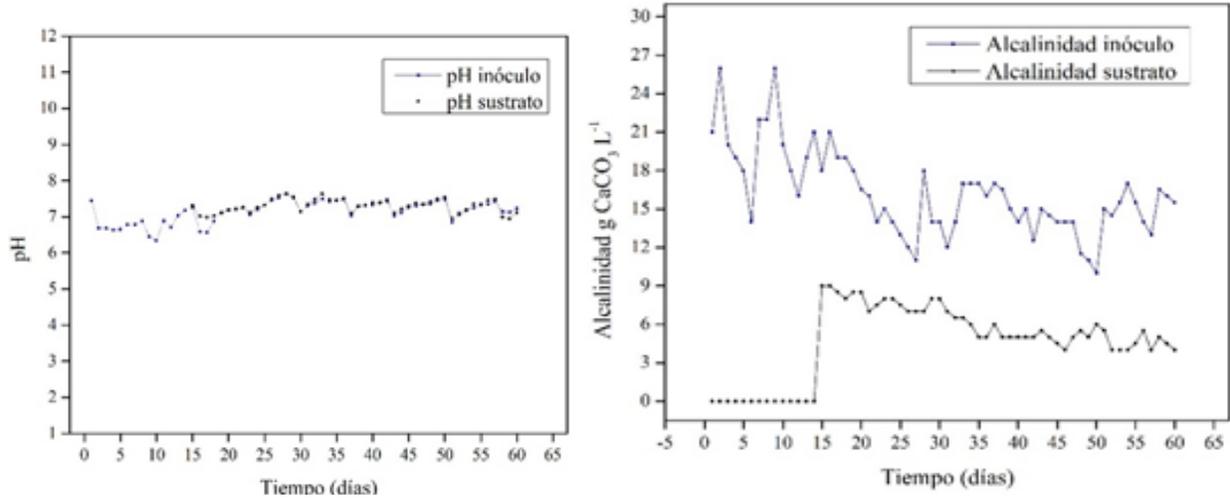
## Resultados y discusión

La estabilización del reactor piloto se monitoreó por 60 días, se comenzó a operar el reactor en octubre durante la estación de otoño e invierno. El llenado del reactor se

realizó durante 3 semanas para obtener 20 L de alimento, 5L de inóculo y 3L en función de campana para el biogás. La primera parte del reactor se operó con un TRH de 30 días, el llenado del reactor fue durante 30 días y la estabilización se observó en los días 30 a 50.

En la Fig. 1 donde se muestra el pH el cual es importante de controlar debido a que las bacterias del proceso de anaerobiosis son sensibles a las variaciones, cuyo parámetro estuvo en el rango de 6.3 a 7.6 durante los primeros 50 días en los cuales se observa la estabilización, también se observa un ciclo de aumento y disminución del pH, cuando el pH disminuía se atribuye a la alimentación del reactor, debido a la producción de AGV'S en la etapa acidogénica, por lo contrario, cuando el pH aumentaba era cuando habían transcurrido 2 o 3 días y los microorganismos acetogénicos tomaban los AGV's para su consumo y conversión a acetatos principalmente. El parámetro mencionado se encontró en el intervalo de 6.8 -7.6, el cual se encuentra dentro del recomendado que es de 6.4 a 7.8 durante los días del 30 al 60 (Bermúdez-Savón, Hoyos-Hernández, & Rodríguez-Pérez, 2000).

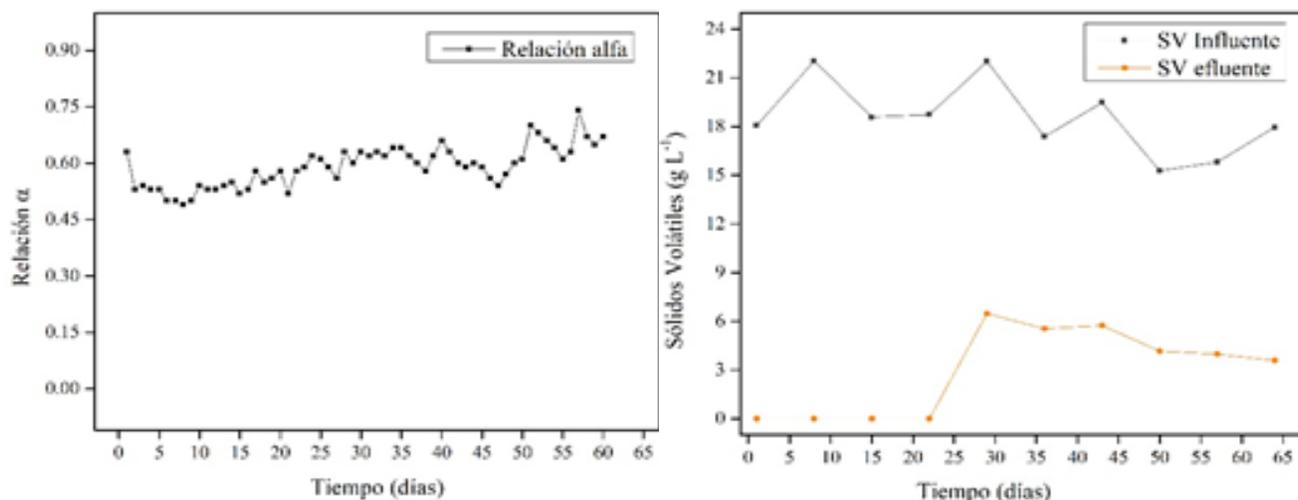
En la Fig. 1 se observa el parámetro de alcalinidad, que al inicio del arranque del reactor hubo concentraciones de alcalinidad muy altas, se atribuye a que el inóculo por si solo contenía concentraciones de alcalinidad elevadas, además de que se añadió cal en el pretratamiento de los residuos, dicho componente es el motivo de aumento en la alcalinidad. Posteriormente se observa como la alcalinidad comienza a disminuir debido a que los microorganismos comenzaron a aprovechar la alcalinidad presente para amortiguamiento del sistema. El reactor se puede describir como estable debido a la operación cíclica que se puede apreciar. Cuando se alimenta la alcalinidad aumenta por el pretratamiento químico de los residuos con CaO que al reaccionar con el H<sub>2</sub>O se produce Ca(OH)<sub>2</sub>, al pasar el tiempo la alcalinidad adicionada, es aprovechada por las bacterias y para la neutralización de los AGV's producidos por las acidogénicas, por este motivo las elevación y disminución de la concentración. El intervalo de alcalinidad para el inóculo cuando se estabiliza el sistema y comienza a ser cíclico, se encuentra en 10 a 18 g CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup>, mientras que la alcalinidad en los residuos (sustratos) dentro del reactor está en el rango de 3 a 5 g CaCO<sub>3</sub> L<sup>-1</sup> (Castillo, 2012), en la estabilización de sistema. Significa que el inóculo como los residuos tienen concentraciones de alcalinidad adecuadas para amortiguar las variaciones de pH provocados por el funcionamiento de las bacterias en la anaerobiosis.



**Figura 1.** Parámetros de pH y alcalinidad durante la estabilización del reactor anaerobio.

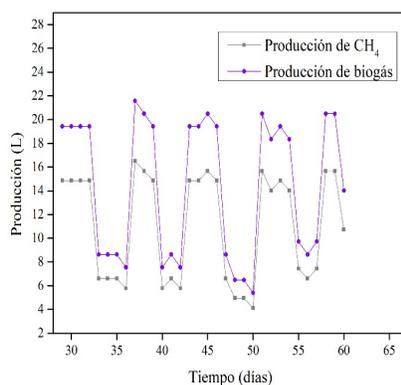
En la Fig. 2 (izq) muestra el parámetro de la relación alfa ( $\alpha$ ) que indica la capacidad de amortiguamiento que tiene el medio de reacción (inóculo), el monitoreo de la relación  $\alpha$  en el inóculo comenzó en 0.64, después cuando se agregan los residuos y se pone en contacto con el inóculo ocurre un proceso de adaptación y ocasiona cambios en las bacterias anaeróbicas provocando variaciones en el valor, conforme comienzan a transcurrir los días, el inóculo comienza a adaptarse para la degradación adecuada de los residuos y aprovecharlos para la producción de biogás rico en  $\text{CH}_4$ , se observa que el reactor se estabiliza cuando las variaciones del parámetro comienzan a ser cíclicas; se observó cuando se alimenta el reactor, la relación  $\alpha$  disminuye debido al consumo de la alcalinidad por las producción de AGV's, después de 3 o 4 día que se alimenta el parámetro incrementa, esto es atribuido al consumo de los AGV's por las bacterias acetogénicas y a la producción de alcalinidad por las metanogénicas, esto ocurrió en cada alimentación, lo que indica la estabilización del sistema y la correcta adaptación del inóculo para consumir estos residuos. El intervalo de la relación  $\alpha$  en el sistema fue de 0.57 a 0.70, cuyos valores se encontraron superior a 0.5, que es lo recomendando (A & P., 2008; Ceron et al., 2005; Plaza, Robredo, Pacheco, & Saravia Toledo, 1996). En la Fig. 2 (der) está el grafico del parámetro de los sólidos volátiles (SV), muestra de manera indirecta la cantidad de microorganismos presentes en el inóculo y la cantidad de materia biodisponible para las bacterias, durante la alimentación en el influente estuvo la concentración en el rango de 15 a 21  $\text{g SV L}^{-1}$ , las concentraciones se encuentran por arriba del valor mínimo recomendado ( $15 \text{ g SV L}^{-1}$ ) para una digestión anaer-

robía adecuada (Ceron et al., 2005; Plaza et al., 1996) posteriormente a la degradación de los residuos los SV disminuyeron máximo un 80.14% y mínimo un 68.12%, cuyos resultados en las remociones de carga orgánica fueron de hasta 74.56%.



**Figura 2.** Parámetros de relación alfa y sólidos volátiles (SV) durante la estabilización del reactor anaerobio.

En la Fig. 3, se muestra la producción total de biogás por día y la concentración de CH<sub>4</sub> presente, en el cual se observa que el comportamiento de la gráfica llega a ser de manera cíclica que refleja la estabilización del reactor, que indico que cuando se alimentaba el reactor la producción de biogás se producía en promedio 18 L por día, posteriores a los 3 o 4 días de alimentación se producían de 6 a 9 L por día, con la concentración de 76.49% de CH<sub>4</sub> y 23.51% CO<sub>2</sub>.



**Figura 3.** Producción de biogás y metano.

## Conclusiones

Mediante el pretratamiento combinado de los residuos y un inóculo enriquecido se logró que la estabilización del reactor anaerobio se realizara 44% más rápido que el promedio reportado, y los pretratamientos y la codigestión de los residuos de vinazas mezcaleras y de la industria restaurantera de pescados y mariscos, favorecieron a la obtención de un biogás rico en CH<sub>4</sub> en el reactor a escala piloto.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a CONACYT y a la UMSNH por el financiamiento del proyecto.

## Referencias

- A, P., & P., T. (2008). *Alkalinity indices for control of anaerobic treatment of readily acidifiable wastewaters*. 41–52.
- Bermúdez-Savón, R. C., Hoyos-Hernández, J. A., & Rodríguez-Pérez, S. (2000). Evaluación de la disminución de la carga contaminante de la vinaza de destilería por tratamiento anaerobio. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 16(3), 103–107.
- Castillo, C. C. G. (2012). Evaluación de la capacidad de remoción de materia orgánica de las aguas residuales de los rastros en un reactor UASB. <https://doi.org/10.22201/cei-ich.24485691e.2016.17.58151>
- Ceron, C., Andres, A., Vidal, P., Lozada, T., Del, I., La, Y., ... Las, A. D. E. (2005). Importancia del pH y la alcalinidad en el tratamiento anaerobio de las aguas residuales del proceso de extracción de almidón de Yuca. *Scientia Et Technica*, XI(27), 243–248. <https://doi.org/10.22517/23447214.6955>
- Clementine, O, F. H. T. Q. (2021). Food Waste Index Report 2021. In *Unep*.
- Edwiges, T., Frare, L., Mayer, B., Lins, L., Mi Triolo, J., Flotats, X., & de Mendonça Costa, M. S. S. (2018). Influence of chemical composition on biochemical methane potential of fruit and vegetable waste. *Waste Management*, 71, 618–625. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.05.030>
- Filer, J., Ding, H. H., & Chang, S. (2019). Biochemical methane potential (BMP) Assay method for anaerobic digestion research. *Water*, 11(921). <https://doi.org/10.3390/w11050921>
- Kafle, G. K., Kim, S. H., & Sung, K. I. (2013). Ensiling of fish industry waste for biogas

- production: A lab scale evaluation of biochemical methane potential (BMP) and kinetics. *Bioresource Technology*, 127, 326–336. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.09.032>
- López Velarde Santos, M., Ventura Ramos, E., Rodríguez Morales, J. A., & Oliver, H. (2020). Effect of inoculum source on the anaerobic digestion of mezcal vinasses at different substrate-inoculum ratios. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 36(1), 81–95. <https://doi.org/10.20937/RICA.2020.36.53276>
- Pham, C. H., Triolo, J. M., Cu, T. T. T., Pedersen, L., & Sommer, S. G. (2013). Validation and recommendation of methods to measure biogas production potential of animal manure. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(6), 864–873. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12623>
- Plaza, G., Robredo, P., Pacheco, O., & Saravia Toledo, A. (1996). Anaerobic treatment of municipal solid waste. *Water Science and Technology*, 33(3), 169–175. [https://doi.org/10.1016/0273-1223\(96\)00310-1](https://doi.org/10.1016/0273-1223(96)00310-1)
- Robles-González, V., Galíndez-Mayer, J., Rinderknecht-Seijas, N., & Poggi-Varaldo, H. M. (2012). Treatment of mezcal vinasses: A review. *Journal of Biotechnology*, 157(4), 524–546. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2011.09.006>
- Solé-Bundó, M., Eskicioglu, C., Garfí, M., Carrère, H., & Ferrer, I. (2017). Anaerobic co-digestion of microalgal biomass and wheat straw with and without thermo-alkaline pretreatment. *Bioresource Technology*, 237, 89–98. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.03.151>
- Villalobos Castillejos, F. (2009). *Disminución De La Materia Orgánica Biodegradable Presente En Vinazas Mezcaleras Mediante Digestión Anaerobia*.

# CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN PROTEICA DE EXTRACTOS CELULARES DE *SELENASTRUM CAPRICORNUTUM* CAPACES DE DEGRADAR BENZO(a)PIRENO

*Manuel Méndez García, Martha Patricia García Camacho\**

Facultad de Química, Departamento de Química Analítica, Universidad Autónoma de México, [m.mendezgarcia@quimica.unam.mx](mailto:m.mendezgarcia@quimica.unam.mx), [pgcllas@unam.mx](mailto:pgcllas@unam.mx)\*

## Resumen

*Selenastrum capricornutum* es la microalga que degrada benzo(a)pireno (BaP) más eficazmente. Sin embargo, no existen reportes sobre las proteínas y/o enzimas relacionadas con la degradación de BaP por esta microalga. En el presente trabajo se realizó la caracterización del perfil proteico, por electroforesis en dos dimensiones, de las proteínas presentes en extractos celulares provenientes de cultivos de *S. capricornutum* expuestos a BaP en intervalos de 24, 48 y 72 h. En este sentido, se evaluó la distribución de pesos moleculares (**PM**) y puntos isoeléctricos (*pI*) de manchas electroforéticas en geles de SDS-PAGE 2D en función de la cantidad de proteínas expresadas con el tiempo de exposición a BaP. Se estimó el **PM** y *pI* de manchas electroforéticas sobreexpresadas e inhibidas que pueden ser relacionados con proteínas celulares de *S. capricornutum* involucradas en la degradación de BaP y/o con el estrés provocado a esta microalga.

**Palabras clave:** Microalga, benzo(a)pireno, *Selenastrum capricornutum*

---

## Antecedentes

En general, la gran estabilidad, hidrofobicidad y efectos adversos para la salud de los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) de alto peso molecular (APM) ha sido bien documentada (Ghosal et al., 2016). Los HAPs APM contienen más de 3 anillos bencénicos fusionados, con o sin un anillo de ciclopenteno, en arreglos lineales, angulares, o agrupados. Asimismo, un incremento en el peso molecular de estos contaminantes medioambientales aumenta su hidrofobicidad y estabilidad; estos factores contribuyen en la persistencia y distribución de los HAPs APM en el medioambiente (Mojiri et al., 2019). Benzo(a)pireno (BaP) es el HAP APM más estudiado debido a que es clasificado como probablemente carcinogénico para los humanos por la Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ATSDR, por sus siglas en inglés), y como un contaminante prioritario por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA, por sus siglas en inglés). Por esta razón, diversos procedimientos físicos, químicos y biológicos han sido desarrollados para eliminar a este grupo de contaminantes del medioambiente (Abdel-Shafy y Mansour, 2016); entre los cuales, en la última década, los procesos de remediación biológica por microorganismos son los más respetuosos con el medioambiente para eliminar HAPs APM de los sitios contaminados (Mojiri et al., 2019). Recientemente, nuevas estrategias de biorremediación basadas en las enzimas involucradas en las vías metabólicas microbianas de los HAPs APM han mostrado muchas ventajas respecto al uso de microorganismos vivos (Sakshi y Haritash, 2020); además, podrían ser la clave para el futuro desarrollo de métodos ecológicos de biorremediación; y su producción biotecnológica favorecería un uso más amplio en entornos contaminados. En este sentido, es importante conocer a las proteínas y/o enzimas de los microorganismos que podrían estar relacionadas con las vías de degradación de los HAPs APM. Principalmente, se han identificado una amplia variedad de enzimas de hongos y bacterias asociadas con las rutas bioquímicas de los HAPs APM (Kadri et al., 2017; Méndez García y García de Llasera, 2021). En este contexto, las bacterias y hongos pueden degradar HAPs APM mediante las enzimas dioxigenasas y monooxigenasas de la familia del citocromo P450 (CYP450). Otras enzimas involucradas en la degradación de HAPs APM por bacterias son la amidohidrolasa y aldehído deshidrogenasa. Además, los hongos también pueden degradar a los HAPs APM a través de enzimas extracelulares como Mn-peroxidasa, la lignina peroxidasa, lacasas, lipasas, proteasas y epóxido hidrolasas. Las microalgas son microorganismos con un gran potencial para la degradación de HAPs APM, pero los

estudios sobre la identificación de sus enzimas son limitados. *Selenastrum capricornutum* es una microalga con un gran potencial de biodegradación de HAPs APM y es capaz de metabolizar completamente al BaP (hasta un 99 % de degradación) (García de Llasera et al., 2016). De acuerdo con la bibliografía reportada, el BaP puede ser oxidado por esta microalga formando metabolitos tipo dihidrodiol, lo que podría indicar que su biotransformación se realiza por acción de las dioxigenasas, de manera similar a como ocurre en las bacterias (Warshawsky et al., 1988). Asimismo, la identificación de metabolitos monohidroxilados y dihidroxilados en las microalgas sugiere que la degradación de HAPs APM se produce por acción de las monooxigenasas (Ke et al., 2010). Sin embargo, estas enzimas no han sido identificadas en las microalgas; por lo cual, en el presente trabajo se evaluó el perfil proteico de extractos celulares de *S. capricornutum* expuestos a BaP, y las proteínas presentes se caracterizaron por sus pesos moleculares (PMs) y el pH de sus puntos isoeléctricos ( $pI$ s) por medio de electroforesis en gel de poliacrilamida con dodecil sulfato de sodio en dos dimensiones (SDS-PAGE 2D) con la finalidad de determinar el rango de PM y  $pI$  de las proteínas y/o enzimas relacionadas con la degradación del BaP.

## Objetivo

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar y caracterizar por SDS-PAGE 2D, los pesos moleculares y puntos isoeléctricos de las proteínas purificadas presentes en extractos celulares obtenidos de la biomasa de cultivos de *Selenastrum capricornutum* expuestos a BaP en intervalos de 24, 48 y 72 h, con la finalidad de rastrear a las proteínas y/o enzimas relacionadas con la degradación del BaP.

## Parte experimental

Manejo y elección de cultivos de microalgas. Se eligió trabajar con la microalga *Selenastrum capricornutum* debido a su gran potencial de biodegradación reportado para BaP (García de Llasera et al., 2016). Esta microalga fue adquirida de la colección de cultivos de algas de la Universidad de Austin, Texas (UTEX, EUA). *S. capricornutum* fue cultivada, en condiciones axénicas, en medio Bristol con Proteosa-Pectona ( $1 \text{ mg mL}^{-1}$ ). Los cultivos se mantuvieron a temperatura ambiente, agitación constante (100 rpm durante 2h al día en un agitador orbital), iluminados con luz blanca fluorescente de 14 W en ciclos de luz y oscuridad de 16 h y 8 h. Se monitoreo el crecimiento de las microalgas

realizando mediciones espectrofotométricas a 685 nm ( $\lambda_{\text{max}}$  de la clorofila). Con una densidad de  $5 \times 10^6$  células  $\text{mL}^{-1}$  (Absorbancia de 1 ~30 días) es posible realizar bioensayos de exposición por encontrarse en el punto más alto de tasa de crecimiento. Se utilizó un estándar de BaP de Chem Service (pureza > 99 %).

#### Obtención de cultivos de *S. capricornutum* con enzimas para la degradación de BaP.

Estudios previos realizados por García de Llasera et al. (2022), permitieron establecer las condiciones de activación de las microalgas para la producción de la(s) enzima(s) degradadora(s): i) 266  $\mu\text{g BaP L}^{-1}$  en 15 mL de medio de cultivos; ii) tiempos de incubación, entre 24, 48 h y 72 h; iii) la extracción e identificación de metabolitos tipo dihidrodiol en la biomasa sirvió como un parámetro confirmatorio de la presencia de enzimas y/o proteínas de *S. capricornutum* relacionadas con la biotransformación de BaP. A seis cultivos de 15 mL se les adicionó BaP (266  $\mu\text{g BaP L}^{-1}$ ) para realizar los ensayos de exposición, los cuales se mantuvieron en agitación orbital continua (50 rpm), bajo luz amarilla (20 W) y temperatura controlada de 34 °C. Estos ensayos de exposición junto a un control sin BaP se realizaron de manera escalonada, permitiendo finalizar juntos los bioensayos de exposición a los diferentes tiempos de incubación. Cada cultivo activado y su control se transfirieron a tubos falcón de 15 mL y mediante su centrifugación (2,900 rpm x 15 min) se obtuvo la biomasa eliminando el sobrenadante. De esta manera se logró obtener una cantidad de proteína celular suficiente para su caracterización electroforética (6 matraces x 15 mL de cultivo = total 90 mL) por muestra. La biomasa para cada muestra y control se colectó en tubos falcón de 50 mL e inmediatamente se realizó el procedimiento de extracción y purificación de proteínas de *S. capricornutum*.

#### Extracción y purificación de proteínas celulares de cultivos de *S. capricornutum* activados para degradar BaP.

La biomasa obtenida de cada muestra y control se puso en contacto con 5 mL de fenol pH 8.8 y 5 mL de buffer de extracción (100 mM Tris-HCl, pH 8.8, 10 mM EDTA, 900 mM sacarosa y 0.4 % de 2-betamercaptoetanol) y se aplicaron 3 pulsos de 1 min en politrón alternados por 1 min en hielo (se realizaron duplicados para cada muestra y control), después se mantuvo en hielo 10 min más y se centrifugó a 4,000 rpm por 30 min, se tomó la fase orgánica y se depositó en un tubo de 50 mL nuevo y se agregaron 25 mL de acetato de amonio 100 mM en metanol se agitó y se dejó reposar 16 h a -20 °C. Posteriormente, se centrifugó a 4 000 rpm durante 30 min para obtener una pastilla de precipitado, eliminando el sobrenadante. La pastilla se lavó con 5mL de acetato de amonio en metanol 2 veces, y se centrifugó a 4,000 rpm por 10 min después de cada lavado. Enseguida se lavó de igual manera la

pastilla con acetona al 80 % 2 veces, y se realizó un último lavado con etanol al 70 %. Finalmente, la pastilla se re-suspendió en 350  $\mu$ L de buffer IEF (Urea 8 M, tiourea 2 M, 3-[(3-colamidopropil)dimetilamonio]propanisulfato (CHAPS, detergente zwitteriónico) 4%, triton X100 2% y ditrioteitol 50 mM).

Electroforesis SDS-PAGE 2D del contenido total de proteínas celulares de cultivos de *S. capricornutum* activados para degradar BaP. Para realizar la caracterización del perfil proteico por electroforesis en dos dimensiones, previamente se realizó la cuantificación total de las proteínas utilizando un espectrofotómetro NanoDrop Microsample (ND 2000 ThermoScientific, US). Se utilizaron cantidades de proteína celular entre 300 – 350  $\mu$ g de los extractos de proteína purificada, las cuales se mezclaron con buffer IEF para igualar los volúmenes resultantes de cada muestra a 300  $\mu$ L y se agregaron 3  $\mu$ L de solución de anfólitos (BioLyte 3/10 Ampholyte, Bio-Rad) para favorecer el enfoque isoeléctrico de las proteínas en un gradiente de pH lineal (primera dimensión), al ser colocadas en tiras de gel de poliacrilamida con un gradiente inmovilizador de pH 3 -10 (tiras IPG, BioRad) durante 10 min en una bandeja de rehidratación (Immobiline DryStrip Reswelling Tray, BioRad). Posteriormente, las tiras IPG se transfirieron a una unidad de isoelectroenfoque (Protean i12 IEF Cell, BioRad) para rehidratarlas (12 h, a 20 °C) seguida de 4 pasos de focalización: 250 V por 30 min (rápida), 10000 V por 2h (gradiente), 10000 V por 1h (rápido) y 1000 V por 12 h (sostenido) hasta un voltaje acumulado de 43 - 47 kWh. A continuación, las tiras IPG fueron retiradas de la unidad de isoelectroenfoque, y se incubaron 2 veces con un tampón de equilibrio SDS (Tris-HCl 1,5 M pH 8,8, urea 6 M, 30% v/v glicerol y 5% p/v SDS 2% DTT) y un tampón de alquilación SDS (Tris-HCl 1,5 M pH 8,8, urea 6 M, 30% v/v glicerol y 5% p/v SDS 2.5% Iodoacetamida) durante 10 min en agitación. Posteriormente se dio un breve lavado con buffer amortiguador de corrida de proteínas SDS 1X, y las tiras quedaron listas para llevar a cabo una corrida electroforética en una segunda dimensión. Se implementó un sistema de electroforesis vertical SE 600 (Hoefer SE600X, Thermo Fisher Scientific) empleando geles de acrilamida SDS-PAGE al 12% de 16 x 15 cm. Para elaborar los geles de acrilamida se prepararon tres soluciones: la primera es una solución concentrada de acrilamida al 30% (m/v) y bis-acrilamida al 0.8% (m/v) en agua bidestilada. La segunda es una solución de Tris-HCl 1.5 M pH 8,8, SDS 10% (m/v) en agua bidestilada, que se le agrega a la primera para obtener la concentración del gel de resolución, cuya función es separar a las proteínas por **PM**. La tercera es una solución de 0.5 M Tris-HCl, pH 6.8, SDS 10% (m/v) en agua bidestilada, que se le agrega a la primera para obtener el gel concentrador, cuya función es concentrar las proteínas

que vienen de las tiras IPG. Se añaden también 0.05% APS y 0.005% TEMED como catalizadores de la reacción de polimerización. Las soluciones se transfirieron a la cámara de polimerización del sistema de electroforesis; cada tira IPG se colocó sobre la superficie del gel concentrador. Para fijar los geles, se añade una solución de agarosa 0,5% (m/v) en tampón de corrida SDS-PAGE. En cada extremo del gel, entre la tira IPG, se cargó una solución de marcador de **PM** y 1 µg de lisozima. La electroforesis se realizó a 25°C con un voltaje constante de 50 V por 22 h en un tampón de corrida SDS-PAGE. Después de la corrida electroforética, se incuban los geles en solución de tinción (8 % m/v sulfato amónico, 2 % ácido fosfórico y 20 % etanol y 0.1 % de Azul de Coomassie G-250) durante, al menos, 16 horas a temperatura ambiente. Finalmente, se destiñen los geles con agua bidestilada, hasta alcanzar el contraste adecuado para la identificación de manchas.

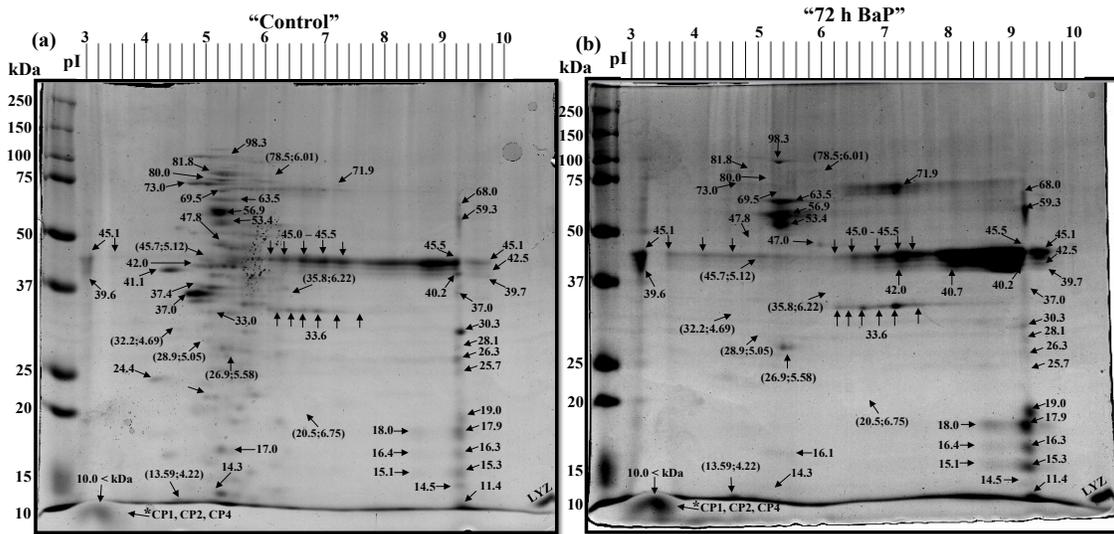
Captura de imágenes y análisis de bandas electroforéticas. El gel SDS-PAGE 2D obtenido, se escaneó con un densitómetro Bio-Rad GS-900 y se observó la distribución de proteínas en cada muestra, enseguida se realizó la calibración de pesos moleculares empleando como referencia las bandas del marcador molecular Precision Plus. Asimismo, se realizó la cuantificación individual de la distribución de bandas electroforéticas asociadas al perfil proteico de cada muestra en la corrida electroforética, utilizando el software Image Lab del densitómetro Bio-Rad y la banda electroforética de la lisozima (1 µg LYZ) como referencia de cuantificación.

## Resultados y discusión

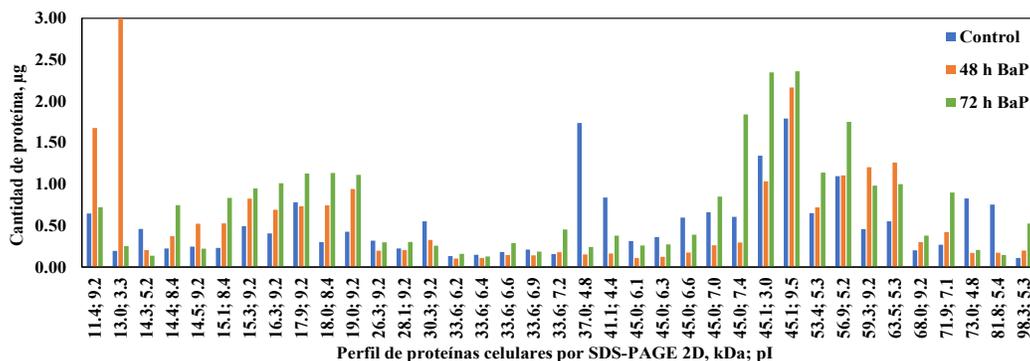
El análisis de proteínas celulares de *S. capricornutum* por electroforesis en dos dimensiones permitió una buena resolución del perfil proteico entre el control y las muestras de cultivos expuestos a BaP. Asimismo, la zona de rango de **PM** entre **39 – 46 kDa** (no resuelta en estudios previos por SDS-PAGE 1D) fue resuelta por SDS-PAGE 2D. En la **Figura 1** se presenta la comparación de los perfiles de composición proteica en dos dimensiones de las proteínas celulares extraídas y purificadas de cultivos de *S. capricornutum* sin y con exposición a BaP. Las diferencias más notables son los aumentos y disminuciones en la intensidad de las manchas electroforéticas entre las proteínas de cultivos expuestos a BaP por 72 h respecto al control. Estos aumentos fueron (**kDa; pI**): **PM < 10; 3.5, 10 – 20; 9.2, 33.6; 7.2, 40.2; 9.2, 45.1; 3.2, 45.1; 6.2 – 9.4, 53.4; 5.3; 56.9; 5.3, 59.3; 9.2, 63.5; 5.3, 71.9; 7.2 y 98.3; 5.3**. Asimismo, las disminuciones fueron

(kDa; pI): 30.3; 9.2, 37.6; 4.9, 41.1; 4.4, 73.6; 5.0, 80.0; 5.0 y 81.8; 5.2. Es importante mencionar que se obtuvieron resultados similares entre el control y los cultivos expuestos a BaP por 48 h.

Estos resultados se analizaron a detalle mediante la cuantificación individual de manchas electroforéticas utilizando la banda electroforética de lisozima (1 µg LYZ) como referencia de cuantificación. La cantidad de proteína de la distribución de manchas electroforéticas en dos dimensiones para cada muestra y control se graficó en función a su **PM** y *pI* (Figura 2). Por lo tanto, los **PM** y *pI* de las manchas electroforéticas con mayor intensidad respecto al control podrían estar relacionados con alguna proteína o subunidad proteica involucrada en la biodegradación del BaP.



**Figura 1.** SDS-PAGE 2D de proteínas celulares de *S. capricornutum*: a) sin exposición a BaP; y b) con exposición a BaP. \*Manchas electroforéticas de proteínas con **PM** < 10 kDa.



**Figura 2.** Distribución de **PMs** y *pIs* de proteínas celulares de *S. capricornutum* con y sin exposición a BaP

En este sentido, los **PM** sobreexpresados en los geles SDS-PAGE 2D coinciden con los **PM** de algunas subunidades enzimáticas relacionadas con la degradación de HAPs, reportadas principalmente para bacterias; por ejemplo, Krivobok et al. (2003) estudiaron la degradación de pireno (PIR) por *Mycobacterium sp.*, identificando dos dioxigenasas que hidroxilan anillos aromáticos designadas como Pdo1 y Pdo2 (Pdo2 se caracterizó y constaba de dos subunidades con **52 kDa** y **20 kDa**). Asimismo, Jouanneau et al. (2006) caracterizaron una dioxigenasa que hidroxila anillos aromáticos (involucrada en la degradación de HAPs) de *Sphingomonas* CHY-1. Los componentes de esta enzima son una oxigenasa compuesta por dos subunidades con **52 kDa** y **20 kDa**, dos ferredoxinas con **PM** entre **12 kDa** – **13.5 kDa**, y una reductasa de **45 kDa**. Recientemente, Guo et al. (2022) realizaron un análisis proteómico de la degradación de PIR por *Mycobacterium sp.* 16F. Estos autores indicaron que 13 manchas electroforéticas de proteínas están involucradas en la degradación de PIR y la mayoría de estas manchas son dioxigenasas y deshidrogenasas.

El análisis de patrones de proteínas de *S. capricornutum* por SDS-PAGE 2D muestra aumentos y disminuciones en los **PM** y *pI* de manchas electroforéticas, lo que indica que BaP induce diferentes expresiones de proteínas y/o subunidades proteicas; las cuales, pueden estar involucradas en la degradación de BaP o relacionarse con el estrés provocado por este contaminante. En la **Tabla 1** se presentan rangos de **PM** de proteínas y/o subunidades enzimáticas relacionados con la degradación de HAPs APM, que coinciden con los **PM** sobreexpresados en los geles de SDS-PAGE 2D de las proteínas celulares de cultivos de *S. capricornutum* expuestos a BaP.

**Tabla 1.** Proteínas y/o subunidades proteicas relacionadas con los PM sobreexpresados en SDS-PAGE 2D.

Rangos de PM sobreexpresados (kDa)	Proteína y/o subunidades enzimáticas relacionadas	Referencias
10 - 20 30	-Complejo piruvato dehidrogenasa: subunidad A1 (16 - 20 kDa, una proteína hierro-zinc), subunidad B (9 - 15 kDa, una proteína del tipo ferredoxina).	Sauber et al. (1977)
	-Una dióxigenasa que hidroxila anillos aromáticos: subunidad 2 (PM: 20 kDa).	Krivobok et al. (2003)
	-Una dióxigenasa que hidroxila anillos aromáticos: componente oxigenasa (subunidad 1: 20 kDa).	Jouanneau et al. (2008)
	-Una dióxigenasa que hidroxila anillos aromáticos: dos ferredoxinas (PM: 12 kDa - 13.5 kDa).	Jouanneau et al. (2006)
	-Subunidad pequeña de dióxigenasa: 18 - 19 kDa. -Una putativa monooxigenasa: 21.9 kDa.	Kim et al. (2004) Kim et al. (2004)
38 - 46	-Una dióxigenasa que hidroxila anillos aromáticos: componente reductasa (PM: 45 kDa)	Kim et al. (2004)
	-Dos monooxigenasas de la familia citocromo P450: 44.8 kDa y 48.7 kDa.	Berza et al. (2006)
	-Complejo piruvato dehidrogenasa: componente 2 (dihidrolipoamida acetiltransferasa: 47.7 kDa).	Subsathandrasek et al. (2017)
	-Una putativa amilohidrolasa: 40.3 kDa	Subsathandrasek et al. (2019)
50 - 55	-Complejo piruvato dehidrogenasa: subunidad A2 (64 - 71 kDa, una flavo-proteína).	Sauber et al. (1977)
60 - 65	-Una dióxigenasa que hidroxila anillos aromáticos: subunidad 1 (PM: 52 kDa).	Krivobok et al. (2003)
70 - 75	-Una dióxigenasa que hidroxila anillos aromáticos: componente oxigenasa (subunidad 1: 52 kDa).	Jouanneau et al. (2006)
	-Una monooxigenasa de la familia citocromo P450: 52.3 kDa.	Luo et al. (2016)

Con base en la información anterior, podemos sugerir que los **PM** de **10 - 15, 20, 30, 40, 45, 53, 60 - 65** y **70 - 75** kDa asociados a las proteínas sobreexpresadas en *S. capricornutum* pueden estar relacionados con la degradación de BaP. Sin embargo, no se descarta, que estas proteínas sean inducidas por el estrés a BaP. Finalmente, como perspectiva un enfoque proteómico permitiría la identificación de estas proteínas y complementaria los resultados logrados por SDS-PAGE 2D obteniendo nueva información sobre la degradación de BaP por esta microalga.

## Conclusiones

El presente trabajo proporciona información original sobre la caracterización del perfil proteico de proteínas celulares de *S. capricornutum* que degrada BaP. Los resultados obtenidos por SDS-PAGE 2D indican que BaP induce diferentes expresiones de subunidades enzimáticas en esta microalga. La inhibición y sobreexpresión de manchas electroforéticas se puede relacionar con los **PM** y *pI* de proteínas inducidas por el estrés a BaP y/o subunidades proteicas involucradas en la degradación de BaP. Es importan-

te mencionar, que las enzimas que degradan este tipo de contaminantes podrían ser la clave para el desarrollo de nuevos procedimientos ecológicos de biorremediación. Por esta razón, un enfoque proteómico podría ser de gran importancia en la identificación de enzimas relacionadas con la ruta metabólica de BaP durante su biodegradación por cultivos de *S. capricornutum*.

## Agradecimientos

Se agradece el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el proyecto CB 283377 y a la Dirección General de Asuntos de Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México DGAPA-UNAM, por la beca posdoctoral otorgada a Manuel Méndez García.

## Referencias

- Abdel-Shafy, H. I., & Mansour, M. S. M. (2016). A review on polycyclic aromatic hydrocarbons: Source, environmental impact, effect on human health and remediation. *Egyptian Journal of Petroleum*, 25(1), 107–123. <https://doi.org/10.1016/j.ejpe.2015.03.011>
- Brezna, B., Kweon, O., Stingley, R. L., Freeman, J. P., Khan, A. A., Polek, B., Jones, R. C., & Cerniglia, C. E. (2006). Molecular characterization of cytochrome P450 genes in the polycyclic aromatic hydrocarbon degrading *Mycobacterium vanbaalenii* PYR-1. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 71, 522–532. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00253-005-0190-8>
- García de Llasera, M. P., Fuentes Pérez, A. C., Peralta Marín, G., & Beltrán Calva, E. G. (2022). First evidence of extracellular enzymatic degradation of benzo(a)pyrene by the phytoplankton species *Selenastrum capricornutum* and the influence of temperature. *Environmental Advances*, 8, 100246. <https://doi.org/10.1016/j.envadv.2022.100246>
- García de Llasera, M. P., Olmos-Espejel, J. de J., & Montaña-Montiel, A. (2016). Biodegradation of benzo(a)pyrene by two freshwater microalgae *Selenastrum capricornutum* and *Scenedesmus acutus*: a comparative study useful for bioremediation. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(4), 3365–3375. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5576-2>
- Ghosal, D., Ghosh, S., Dutta, T. K., & Ahn, Y. (2016). Current state of knowledge in microbial degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): a review. *Frontiers in Microbiology*, 7, 1369. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01837>
- Guo, P., Jin, L., Cheng, Y., Wang, D., Pan, Y., & Jin, J. (2022). Proteomics analysis of pyrene degradation using strain *Mycobacterium* sp. 16F. *Environmental Pollutants and Bioavailability*, 34(1), 236–245. <https://doi.org/10.1080/26395940.2022.2081613>

- Jouanneau, Y., Meyer, C., Jakoncic, J., Stojanoff, V., & Gaillard, J. (2006). Characterization of a naphthalene dioxygenase endowed with an exceptionally broad substrate specificity toward polycyclic aromatic hydrocarbons. *Biochemistry*, *45*(40), 12380–12391. <https://doi.org/10.1021/bi0611311>
- Kadri, T., Rouissi, T., Kaur Brar, S., Cledon, M., Sarma, S., & Verma, M. (2017). Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) by fungal enzymes: A review. *Journal of Environmental Sciences (China)*, *51*, 52–74. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2016.08.023>
- Ke, L., Luo, L., Wang, P., Luan, T., & Tam, N. F. Y. (2010). Effects of metals on biosorption and biodegradation of mixed polycyclic aromatic hydrocarbons by a freshwater green alga *Selenastrum capricornutum*. *Bioresource Technology*, *101*(18), 6950–6961. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.04.011>
- Kim, S., Jones, R. C., Cha, C., Kweon, O., Edmondson, R. D., & Cerniglia, C. E. (2004). Identification of proteins induced by polycyclic aromatic hydrocarbon in *Mycobacterium vanbaalenii* PYR-1 using two-dimensional polyacrylamide gel electrophoresis and de novo sequencing methods. *Proteomics*, *4*(12), 3899–3908. <https://doi.org/10.1002/pmic.200400872>
- Krivobok, S., Kuony, S., Meyer, C., Louwagie, M., Willison, J. C., & Jouanneau, Y. (2003). Identification of pyrene-induced proteins in *Mycobacterium* sp. strain 6PY1: Evidence for two ring-hydroxylating dioxygenases. *Journal of Bacteriology*, *185*(13), 3828–3841. <https://doi.org/10.1128/JB.185.13.3828-3841.2003>
- Luo, A., Wu, Y. R., Xu, Y., Kan, J., Qiao, J., Liang, L., Huang, T., & Hu, Z. (2016). Characterization of a cytochrome P450 monooxygenase capable of high molecular weight PAHs oxidization from *Rhodococcus* sp. P14. *Process Biochemistry*, *51*(12), 2127–2133. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2016.07.024>
- Méndez García, M., & García de Llasera, M. P. (2021). A review on the enzymes and metabolites identified by mass spectrometry from bacteria and microalgae involved in the degradation of high molecular weight PAHs. *Science of The Total Environment*, *797*, 149035. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149035>
- Mojiri, A., Zhou, J. L., Ohashi, A., Ozaki, N., & Kindaichi, T. (2019). Comprehensive review of polycyclic aromatic hydrocarbons in water sources, their effects and treatments. *Science of the Total Environment*, *696*, 133971. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.133971>
- Sakshi, & Haritash, A. K. (2020). A comprehensive review of metabolic and genomic aspects of PAH-degradation. *Archives of Microbiology*, *202*(8), 2033–2058. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-01929-5>
- Sauber, K., Froshner, C., Rosenberg, G., & Lingens, F. (1977). Purification and Properties of Pyrazon Dioxygenase from Pyrazon-Degrading Bacteria. *European Journal of Biochemistry*, *74*(1), 89–97. <https://doi.org/10.1111/j.1432-1033.1977.tb11370.x>
- Subashchandrabose, S. R., Logeshwaran, P., Naidu, R., & Megharaj, M. (2017). Pyrene deg-

radation by *Chlorella* sp. MM3 in liquid medium and soil slurry: Possible role of dihydro-lipoamide acetyltransferase in pyrene biodegradation. *Algal Research*, 23, 223–232. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2017.02.010>

Subashchandrabose, S. R., Venkateswarlu, K., Naidu, R., & Megharaj, M. (2019). Biodegradation of high-molecular weight PAHs by *Rhodococcus wratislaviensis* strain 9: Overexpression of amidohydrolase induced by pyrene and BaP. *Science of the Total Environment*, 651, 813–821. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.192>

Warshawsky, D., Radike, M., Jayasimhulu, K., & Cody, T. (1988). Metabolism of benzo (A) pyrene by a dioxygenase enzyme system of the freshwater green alga *Selenastrum capricornutum*. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 152(2), 540–544. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0006-291X\(88\)80071-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0006-291X(88)80071-8)

# DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE AGENTE SUPRESOR DE IONIZACIÓN PARA EL ANÁLISIS DE SODIO MEDIANTE EAA POR FLAMA

*Andrea Araiza Saldaña, Brenda Deyanira Encinas Rosales, Alma Luisa Revilla Vázquez\**

Laboratorio de Desarrollo de Métodos Analíticos, L-401, FES-Cuautitlán. UNAM. Av. 1° Mayo S/N, Santa Ma. Guadalupe las Torres, Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx. C.P. 54740. [andearaiza@gmail.com](mailto:andearaiza@gmail.com), [brender017@gmail.com](mailto:brender017@gmail.com), [almarv@unam.mx](mailto:almarv@unam.mx)

## Resumen

El sodio (Na) es un metal alcalinotérreo cuyas propiedades químicas hacen que durante su análisis mediante EAA pueda ionizarse fácilmente lo cual afecta para su cuantificación, es por ello que es requerido el uso de un agente supresor de ionización durante su medición. La optimización de dicho agente consistió en encontrar una concentración menor a la propuesta en la literatura (K a 2000 ppm) a fin de que la señal de blanco diera lo más cercana a cero, garantizando de esta manera que las señales de absorbancia medidas fueran lo suficientemente grandes; así mismo se probó el comportamiento de distintas curvas de sodio al utilizar otra especie como agente supresor (Cs) a distintas concentraciones. La optimización se realizó a dos longitudes de onda: 330.3 y 589 nm, utilizando intervalos de concentración de sodio de 25 a 400 ppm y 0.1 a 0.9 ppm, respectivamente. Con base en los resultados observados, para 330.3 nm se determinó la concentración óptima de K a 1000 ppm, mientras que, para 589 nm, K a 250 ppm presentó mejores resultados en términos de linealidad, aunque no cumplió con los criterios establecidos. Se realizó la comparación de las líneas de regresión con respecto a la concentración de K establecida en la literatura como 2,000 ppm para evaluar si existía varianza significativa al reducir la concentración.

**Palabras clave:** Sodio, Absorción atómica, Ionización, Potasio, Cesio, Linealidad.

## Antecedentes

La espectrofotometría de absorción atómica (EAA) resulta ser una técnica sumamente específica, no obstante, durante el análisis de ciertos metales, pueden surgir ciertas interferencias debido a las propiedades inherentes de cada metal. Para el caso específico de sodio (Na), las interferencias reportadas en EAA es la ionización parcial de dicho metal al aplicarle la fuente de energía requerida para su atomización, en este caso, atomización por flama. Esto resulta un inconveniente pues la técnica analiza a los metales en su estado gaseoso elemental, es decir, no detecta especies iónicas, por lo que debe asegurarse que la ionización del metal de interés sea lo menor posible. (Skoog, et. al., 2018). Este comportamiento es observado de forma general para los metales alcalinotérreos. En la literatura ya hay reportes de los agentes de ionización y las concentraciones óptimas que se deben utilizar para la medición de un respectivo metal, para el análisis de sodio, se recomienda utilizar sales de potasio (KCl o KNO<sub>3</sub>) como agente supresor de ionización, a una concentración de al menos 2,000 ppm de K en cada uno de los sistemas de medición, incluyendo el blanco. (Agilent Technologies, 2015) No obstante, la utilización de estas concentraciones a nivel experimental nos proporciona valores de blanco bastante altos, haciendo que los valores de absorbancia de la curva de sodio sean bastante pequeños, llegando a ser incluso negativos.

En este proyecto se realizó la optimización de agente supresor de ionización, para ello se buscó utilizar una concentración menor a la establecida en la literatura y de ser viable, cambiar la especie supresora, en este caso se probó al Cs como especie alternativa. Los criterios que se tomaron en cuenta fueron, en primera instancia que el valor de absorbancia de la solución blanco fuera lo más cercano a cero, así como que se tuviera un comportamiento lineal, para lo cual se tomó como parámetro un valor de  $r^2$  de al menos 0.98 (Guía de Validación de métodos analíticos, s.f.) y por supuesto, que las señales de absorbancia experimentales, sean lo suficientemente grandes para disminuir el error instrumental y aumentar el límite de cuantificación.

Dado que el Na puede determinarse a diferentes longitudes de onda, dependiendo del intervalo de concentraciones que sea más útil para la cuantificación deseada, se plantea optimizar el agente supresor de ionización a una longitud de 589 nm, longitud de onda donde se reporta un comportamiento lineal en un rango de concentraciones de 0.002-1.0 ppm y también a 330.3 nm, donde la linealidad se reporta de 2 - 400 ppm de Na.

## Objetivo

Evaluar y optimizar la concentración de agente supresor de ionización a utilizar en la medición de sodio (Na) por curva de calibración mediante espectrofotometría de absorción atómica (EAA) por flama a 330.3 y 589 nm, a fin de obtener una tendencia lineal y una ordenada al origen cercana a cero.

## Parte experimental

### Reactivos y equipo

NaCl, reactivo analítico (Fermont).

KCl, reactivo analítico (JT Baker).

CsCl, reactivo analítico (Sigma Aldrich).

Espectrofotómetro de absorción atómica SpectrAA200, (Varian, Australia), y una lámpara de cátodo hueco de sodio.

Balanza analítica (BOECO, BC100).

## Preparación de soluciones

Solución de K 10000 ppm: Pesar 1.9088 g de KCl, reactivo analítico, disolver con aproximadamente 30 mL de agua desionizada y llevar a un aforo de 100 mL con agua desionizada.

Solución de K 5000 ppm: Pesar 0.9544 g de KCl, reactivo analítico, disolver con aproximadamente 30 mL de agua desionizada y llevar a un aforo de 100 mL con agua desionizada.

Solución de Cs 5000 ppm: Pesar 0.6334 g de CsCl, reactivo analítico, disolver con aproximadamente XX mL de agua desionizada y llevar a un aforo de 100 mL con agua desionizada.

Solución de Cs 1000 ppm: Realizar una dilución 10 en 50 mL de la colusión de CsCl 5000 ppm con agua desionizada.

Solución Stock de Na 500 ppm: Pesar 0.1272 g de NaCl, reactivo analítico, disolver con aproximadamente 30 mL de agua desionizada y llevar a un aforo de 100 mL con agua desionizada.

Solución de Na 100 ppm: Pesar 0.0254 g de NaCl, reactivo analítico, disolver con aproximadamente 30 mL de agua desionizada y llevar a un aforo de 100 mL con agua desionizada.

Solución Stock de Na 1 ppm: Realizar una dilución 1 en 100 mL de la solución de NaCl 100 ppm con agua desionizada.

Solución Stock de Na 1.2 ppm: Realizar una dilución 3 en 250 mL de la solución de NaCl 100 ppm con agua desionizada.

### Condiciones en el equipo EAA-FL

Dado que se requiere optimizar la concentración de agente supresor de ionización a longitud de onda de mayor y menor sensibilidad, se tomarán en cuenta ambas condiciones experimentales establecidas en el manual (Agilent Technologies, 2015).

**Tabla 1.** *Condiciones de trabajo reportadas en el manual del equipo (Agilent Technologies, 2015).*

Longitud de onda (nm)	Longitud de paso óptico (nm)	Rango óptimo de trabajo (ppm)
330.3	0.5	2 - 400
589	0.5	0.002 - 1.0

Tomando en cuenta las condiciones experimentales establecidas en el manual, las curvas de sodio preparadas fueron las siguientes.

**Tabla 2.** Preparación de las curvas de calibración a 330.3 nm con K como agente supresor de ionización.

Stock Na: 500 ppm		Sln. K: 1000 ppm	
Sistema	mL Na	Aforo (mL)	[Na] (ppm)
Blanco	0	10	0
1	0.5	10	25
2	1	10	50
3	2	10	100
4	3	10	150
5	4	10	200
6	5	10	250
7	6	10	300
8	7	10	350
9	8	10	400

**Tabla 3.** Preparación de la curva de calibración a 330.3 nm con Cs como agente supresor de ionización.

Stock Na: 500 ppm		Sln. Cs: 1000 ppm	
Sistema	mL Na	Aforo (mL)	[Na] (ppm)
Blanco	0	10	0
1	0.5	10	25
2	1	10	50
3	2	10	100
4	3	10	150
5	4	10	200

**Tabla 4.** Preparación de las curvas de calibración a 589 nm con K como agente supresor de ionización.

Stock Na: 1.0 ppm		Sln. K: 5000 ppm	
Sistema	mL Na	Aforo (mL)	[Na] (ppm)
Blanco	0	10	0
1	1	10	0.1
2	2	10	0.2
3	3	10	0.3
4	4	10	0.4
5	5	10	0.5
6	6	10	0.6
7	7	10	0.7
8	8	10	0.8
9	9	10	0.9

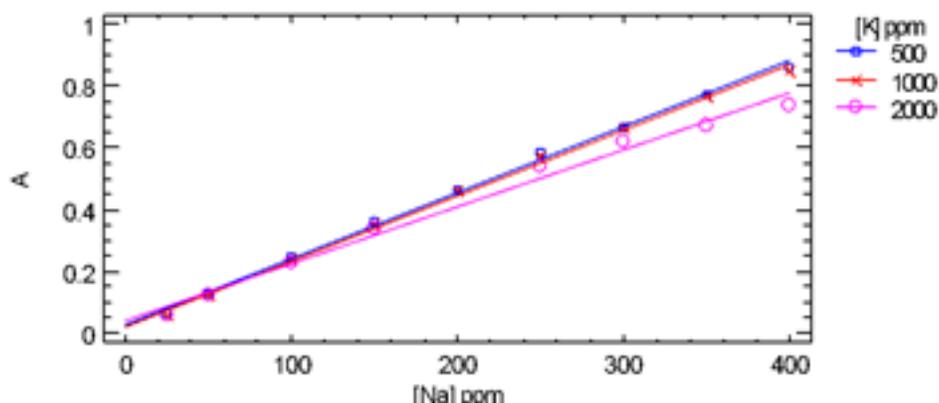
**Tabla 5.** Preparación de las curvas de calibración a 589 nm con Cs como agente supresor de ionización.

Stock Na: 1.2 ppm		Sln. Cs: 5000 y 1000 ppm	
Sistema	mL Na	Aforo (mL)	[Na] (ppm)
Blanco	0	10	0
1	1	10	0.1
2	2	10	0.2
3	3	10	0.3
4	4	10	0.4
5	5	10	0.5

Se midió el flujo de entrada de muestra, dando un resultado de 6 mL/min en cada caso. La lámpara se calentó por 15 minutos antes de la primera medición para cada día de trabajo. El flujo de los gases se estableció en 13.5 L/min para Aire y 2.0 L/min para Acetileno; la altura del quemador a 13.5 mm y una corriente de lámpara de 5.0 mA.

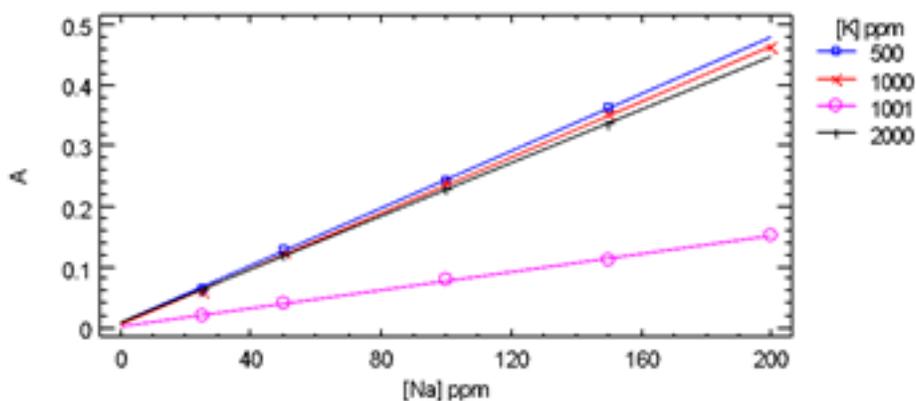
## Resultados y discusión

Las mediciones realizadas para las curvas a una longitud de onda de 330.3nm mostraron que la utilización de K a 500, 1000 y 2000 ppm cumplen con el criterio establecido de linealidad, con un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) mayor a 0.98 (Guía de Validación de métodos analíticos, s.f.), teniendo valores para cada una de las curvas de 0.9977, 0.9971 y 0.9874 respectivamente. El análisis de la comparación de pendientes (figura 1) muestra que existe una varianza significativa entre las pendientes con K a 500 y 1000 ppm con respecto a la de 2000 (concentración propuesta en la literatura), obteniéndose un valor  $P=0.0041$  para la comparación de pendientes a 500 vs 2000 ppm de K y una  $P=0.0072$  para la comparación de pendientes 1000 vs 2000 ppm de K, así mismo, se observa que las señales de absorbancia utilizando 500 y 1000 ppm de K son mayores que con 2000 ppm y no existe una varianza significativa entre ambas pendientes ( $P=0.7527$ ). Finalmente, los valores de ordenada al origen para 500, 1000 y 2000 ppm fueron de 0.028, 0.024 y 0.044.



**Figura 1.** Líneas de regresión con K a distintas concentraciones para la curva de Na (330.3 nm)

Por otra parte, en el estudio de la viabilidad de Cs a 1000 ppm como agente supresor de ionización alternativo se obtuvo de igual forma una curva con un comportamiento lineal ( $r^2=0.9992$ ), sin embargo, la comparación de pendientes, tal y como se muestra en la figura 2, muestra que la pendiente en esta curva es mucho menor y bastante diferente que las curvas de K ( $P= 0.0000$ ), es decir, los resultados de absorbancia son aún menores, teniendo un valor de ordenada de 0.0025, dado que este hecho, hace que el límite de cuantificación sea más bajo, el uso de Cs como agente supresor de ionización alternativo es descartado.

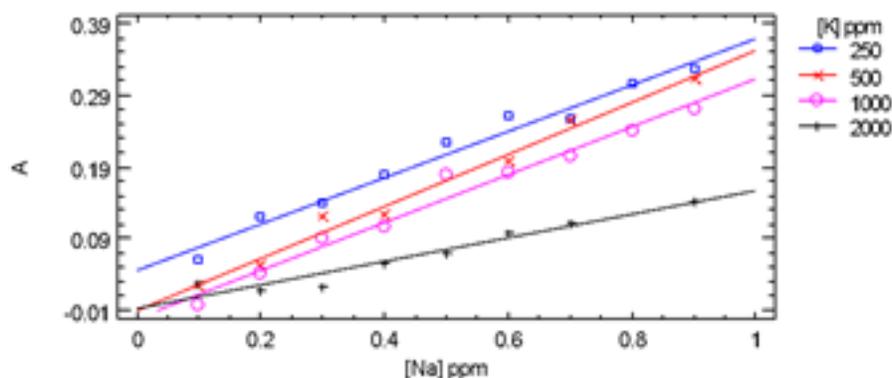


**Figura 2.** Líneas de regresión con K a distintas concentraciones (500, 1000 y 2000) vs Cs (1001) para la curva de Na (330.3 nm).

Con los resultados obtenidos, así como el respectivo análisis estadístico se determinó como óptimo la utilización de K a 1000 ppm como agente supresor de ionización en el análisis de Na por EAA con flama a 330.3 nm dado que se observan medidas de absorbancia mayores, se tiene un comportamiento lineal, el valor de ordenada al origen es bajo y, la concentración de K con respecto a la de Na aún se encuentra en una proporción mayormente significativa.

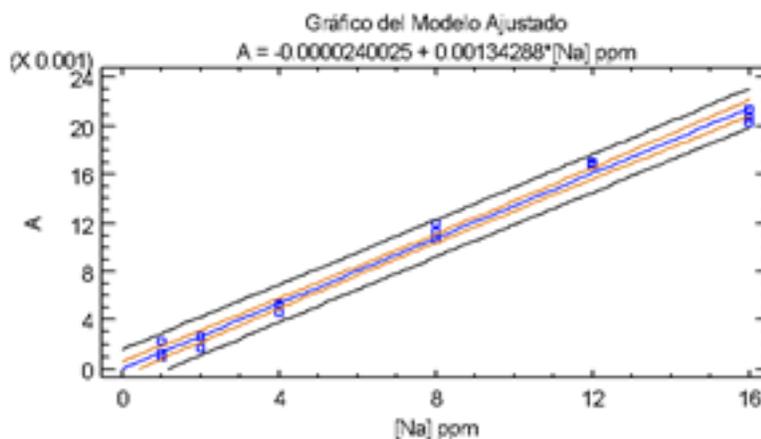
Por su parte, los resultados obtenidos a 589 nm muestran que la utilización de Cs como agente supresor de ionización alternativo no es viable puesto que todas las pendientes de las distintas curvas construidas fueron negativas y no se sigue un comportamiento lineal. Se obtuvieron valores de  $r^2$  de 0.2223, 0.5226, 0.5694 y 0.0187 para Cs a 100, 200, 500 y 1000 ppm respectivamente.

Respecto a las curvas con K como agente supresor a 589 nm, se obtuvo que ninguna de estas curvas cumple con el criterio de linealidad, obteniéndose valores de  $r^2$  de 0.9764, 0.8343, 0.9750 y 0.8866 para K a 250, 500, 1000 y 2000 ppm respectivamente. De cualquier manera, al realizar el análisis de comparación de pendientes (figura 3) muestra que las pendientes de 250, 500 y 1000 ppm no tienen una varianza significativa entre sí, teniendo un valor  $P= 0.3919$  entre ellas, no obstante, al ser comparadas con la pendiente de K a 2000 ppm (concentración propuesta en la literatura), hay una varianza significativa de esta con respecto a 250, 500 y 1000 ppm obteniendo un valor  $P= 0.0000$  para cada una de ellas vs 2000 ppm. Sin embargo, no se puede elegir una concentración ideal a esta longitud de onda puesto que no se cumple con la linealidad requerida en ninguna de las curvas obtenidas, lo cual se relaciona a las concentraciones bajas evaluadas (0.1 a 0.9 ppm Na) y a la presencia de este elemento en el agua desionizada y en los reactivos empleados a nivel de trazas ocasionando que exista una mayor variación en las señales de absorbancia registradas.



**Figura 3.** Comparación de líneas de regresión con K a distintas concentraciones para curvas de Na medidas a 589 nm

Se realizó una medición a 330.3 nm en un rango de concentraciones de 1 a 16 ppm, utilizando K a 1000 ppm como agente supresor a fin de comprobar que la curva sigue comportándose de forma lineal en este intervalo a la concentración de agente supresor establecido. Para dicha curva (figura 4) se obtuvo un  $r^2$  de 0.9918 y una ordenada de -0.000024, por lo que se comprueba que, la concentración elegida de agente supresor de ionización sigue resultando viable en el rango de menores concentraciones a 330.3 nm.



**Figura 4.** Curva para Na (1-16ppm) con K a 1000ppm (330.3 nm).

## Conclusiones

Se optimizó la concentración de agente supresor de ionización en la curva de 330.3 nm, no obstante, para la curva de 589 nm se observó que no existe una tendencia lineal. En este sentido, se determinó que a 330.3 nm pueden medirse curvas de concentraciones pequeñas teniendo una tendencia lineal y una ordenada al origen bastante cercana a cero. Cabe resaltar que el uso de Cs para evitar la ionización de Na, arrojó resultados caóticos en 589 nm, sin tendencia lineal por lo que la propuesta de este como agente supresor de ionización alternativo quedó descartada.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNAM DGAPA por el apoyo al proyecto PAPIME PE208921: Fortalecimiento de la enseñanza de la Química Analítica Instrumental

en la FES-Cuautitlán, mediante actividades/evaluaciones sincrónicas y asincrónicas, así como metodologías de aprendizaje activo basadas en proyectos aplicados a problemas reales.

También a la sección de química analítica de la FES Cuautitlán por su aporte al proyecto número 292862: Desarrollo de tecnologías de almacenamiento de energía de bajo costo: Baterías de flujo y celdas de combustible alcalinas.

## Referencias

Agilent Technologies Australia. (2015). *Cookbook: Flame atomic absorption spectrometry*. Victoria, Australia: Agilent Technologies.

Guía de validación de métodos analíticos, CNQFB.

Skoog, D., Holler, F., y Crouch, S. (2018). *Principios de análisis instrumental*. CENGAGE.

# FENÓMENOS SUPERFICIALES E INTERACCIONES DE ÓXIDOS DE HIERRO/NANOTUBOS DE HALOISITA/TENSOACTIVO/PETRÓLEO

*Efrén Pérez Pérez\**, *Yolanda Marina Vargas Rodríguez*

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, [pergil@gmail.com](mailto:pergil@gmail.com), [ymvargas@yahoo.com.mx](mailto:ymvargas@yahoo.com.mx)

## Resumen

La contaminación por petróleo derramado es un factor de riesgo importante para el ambiente marino, el ecológico y la vida. Se han utilizado diversos métodos para su remediación, siendo el mejor la recuperación física: desnatadores, sorbentes y algunos nanomateriales, pero su obtención y aplicación es cara y/o complicada. El objetivo de este trabajo es sintetizar nanopartículas de óxidos de hierro/nanotubos de haloisita por el método de coprecipitación, caracterizarlas, adsorber en ellas agentes tensioactivos y aplicarlas en la recuperación de petróleo derramado en agua. Se preparó ferrofluidos (FF) acuosos con las nanopartículas sintetizadas. Se caracterizaron las nanopartículas por DRX, adsorción BET de  $N_2$ , magnetometría y mojabilidad, obteniendo nanopartículas mesoporosas, superparamagnéticas, con hidrofiliidad-oleofiliidad equilibradas. Se determinó que en proporción de 20:1 petróleo: nanopartículas, con la aplicación de un imán externo, los nanotubos de haloisita magnéticos con tensioactivos son materiales con potencial en la recuperación de petróleo derramado en cuerpos de agua.

**Palabras clave:** nanomateriales, haloisita, magnetita, petróleo, derrames

---

## Antecedentes

Los derrames de petróleo son catástrofes ambientales que afectan finalmente a todos: el medio ambiente, la pesca, el turismo, la salud y la economía (Bly, 2011). La recuperación por métodos físicos, es la mejor opción de remediación (Passow & Lee, 2022). Se han empleado desnatadores y materiales tales como sorbentes de diferentes tipos, algunos magnéticos, o con tensoactivos, lo cual ha generado. Algunas desventajas de los métodos tradicionales son la poca eficiencia, la mucha mano de obra y lo caro de los materiales requeridos (Zargar et al., 2020, Mishra et al., 2022). Se han desarrollado diversas nanopartículas (NP) funcionales y se han aplicado para la recuperación de petróleo derramado, tales como aerogeles de grafeno, nanofibras y nanotubos de carbono, nanopartículas de magnetita entre otros (Ko, 2019, Olayiwola, 2019) los cuales son más eficientes en la captura del petróleo derramado, aunque su síntesis suele ser compleja y muy costosa. Esto abre oportunidades a la nanotecnología (Ghosh & Weber, 2022; Marwan & Nageh, 2019) y en particular para nanotubos de haloisita magnéticos (NTH-M) y nanotubos de haloisita magnéticos y con tensoactivo (NTH-M-T).

## Objetivos

- 1) Sintetizar óxidos de hierro/nanotubos de haloisita (NTH-M) mediante el método de coprecipitación (Nkurikiyimfura 2020) y caracterizarlos por DRX, BET y magnetometría.
- 2) Sintetizar nanotubos de haloisita/magnetita/tensoactivo (NTH-M-T), a partir de NTH-M y tensoactivos.
- 3) Preparar ferrofluidos con NTH-M-T de acuerdo con Ryoo et al, (2012) y Barbeito et al, (2009).
- 4) Evaluar su desempeño en la recuperación de petróleo derramado en el mar.

## Parte experimental

### *Reactivos y materiales*

Cloruro de hierro(III) hexahidratado (ACS), sulfato de hierro(II) heptahidratado (ACS) de Fermont. Los nanotubos de haloisita (NTH) de Sigma-Aldrich.  $\text{NH}_4\text{OH}$

grado técnico (28 % en peso) de Química Mayer. Betaína de coco (B) (disolución comercial de cocamidopropil betaína al 30 % en peso), tween 20 (T20) (disolución comercial de monolaurato de polioxietileno(20) sorbitano al 40 % en peso) y DBSS (D) (polvo de dodecilmecano sulfonato de sodio al 80% peso), de la Droguería Cosmopolita, ácido cítrico (C) de Sigma Aldrich. Todos los reactivos fueron utilizados sin purificar. Para todos los experimentos se utilizó agua desionizada. Diesel (gasolinera de PEMEX). La muestra de petróleo utilizada fue donada por el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), de 13.6°API, contenido de agua de 1.55 % en peso, número de ácido total en mg KOH/g crudo de 0.61, contenido de asfaltenos de 23.3 % en peso y una viscosidad a 20°C de 15150 cp. El agua de mar sintética utilizada se preparó en el laboratorio con las siguientes concentraciones en g/L de sales: NaCl 24.95, MgCl<sub>2</sub> 2.59, MgSO<sub>4</sub> 3.21, CaCl<sub>2</sub> 1.15, KCl 0.74, NaHCO<sub>3</sub> 0.2, (total de 32.84 g/L), imanes de geometría cilíndrica de 13 mm de diámetro por 2 mm de altura, de 35 Mega Gauss Oersted (MGOe) cada uno.

Síntesis de NTH-M: La síntesis de NTH-M fue realizada por el método de coprecipitación (Nkurikiyimpfura *et al*, 2020): 30 g de NTH fueron dispersados en agua, más una disolución de cloruro hierro (III) hexahidratado y otra de sulfato de hierro (II) heptahidratado. Se adicionó NH<sub>4</sub>OH (28 %) hasta llegar a pH = 10. Se elevó la temperatura a 70°C y se mantuvo por 2 horas. La mezcla de reacción se enfrió hasta 25°C. El producto obtenido se filtró y centrifugó (Centrifuga Rotofix 32 A), a 4000 rpm por 60 minutos, para coleccionar la totalidad de sólidos. El se lavó y secó a 60°C.

Síntesis de NTH-M-T (Experimento típico): Se dispersaron 3 g de C, B, T20 o D en 200 mL de agua, después se adicionaron 3 g de NTH-M y se agitó por 48 horas. El producto se filtró, centrifugó, lavó (200 mL x 3) y secó a 60°C.

Preparación de FF (experimento típico): Se preparan a base de las nanopartículas sintetizadas, de acuerdo con Barbeito *et al*, (2009) y Ryoo *et al*, (2012). Se utilizan 10 mL de agua/diésel y adicionan 0.01 g de nanopartículas de NTH-M-T finamente molidas en mortero. Las nanopartículas NTH-M-T se dispersaron en agua, se adicionó 1mg de A previamente disuelto en agua, o en polvo cuando se utilizó diésel, y se mantuvo a temperatura ambiente por 12 h con agitación.

Caracterización de las nanopartículas magnéticas: La identificación de las fases cristalinas se realizó por DRX utilizando el método de polvos (difractómetro Bruker AXS, D8 Advanced Plus, con radiación monocromática CuK $\alpha$ 1,  $\lambda = 1.54056 \text{ \AA}$ ).  $2\theta = 2$  a 70°, con un paso de 0.02° y un tiempo por paso de 1.8 segundos. Con 35 kV y 30 mA. Mediante SEM se realizó la caracterización morfológica (JEOL JSM 7600F, 1 a 10 kV

y distancias de trabajo de 4.7 a 7.6 mm). El equipo tiene detector de energía de rayos X (X\_ACT Oxford INCA) para microanálisis químicos (EDS o EDX).

Evaluación de las propiedades de superficie: El área superficial específica de la muestra de NTH se determinó mediante la adsorción-desorción de  $N_2$ , utilizando el método BET. El volumen de los poros y la distribución de su tamaño se estimaron mediante el método de BJH a 77 K (Autosorb 1 MP, Quantachrome Instrument). Los ángulos de contacto del agua de mar, del diésel y de la muestra del petróleo, sobre la muestra de nanopartículas se determinaron de acuerdo con la metodología utilizada por Yekshaveh, 2020.

Ángulo de contacto (Experimento típico): En una placa de vidrio se depositó una muestra compactada de NTH-M-T. Se adicionó una gota de agua de mar sintética o de mezcla diésel/petróleo 60/40 en volumen. Se tomó una imagen ampliada del ángulo de contacto después de 1 hora y se midió el ángulo (Liu et al, 2020). Para la obtención del ángulo de contacto entre las fases sólido (NTH-M o NTH-M-T)-diésel-agua de mar se colocó en un tubo de ensayo, 10 mg de NTH-M-T, se vació 1 mL de diésel, se dejó en reposo por 10 minutos hasta que las nanopartículas sedimentaron. Se adicionó una gota de agua de mar sintética la se deslizó hasta el fondo del tubo, y una vez que la gota de agua alcanzó su posición de equilibrio, se tomó una fotografía, que ampliada permitió medir el ángulo de contacto. Todo el procedimiento se realizó por triplicado.

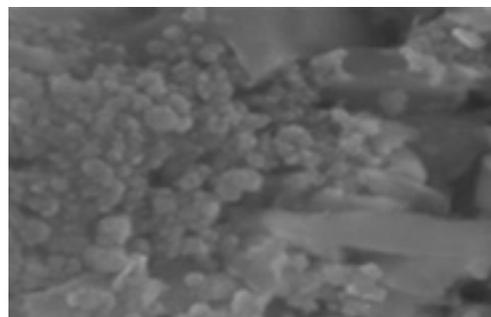
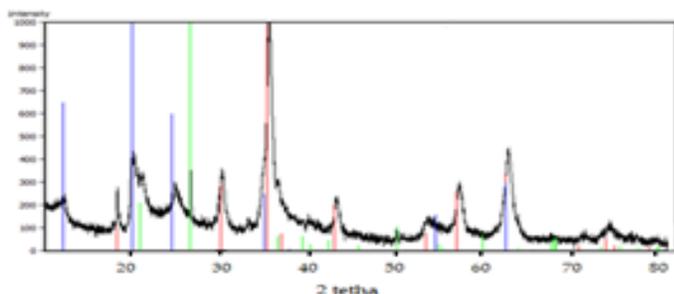
Recuperación de petróleo derramado en agua de mar: Se adicionó en una caja de Petri, 15 mL de agua de mar sintética a temperatura ambiente (21°C), se colocó en su superficie una gota de petróleo (0.1 g aproximadamente) y se agitó con una espátula. Se adicionó en la interfase petróleo-agua-aire (en el contorno de la mancha de petróleo interfase petróleo agua-aire) y en la interfase petróleo/aire, respectivamente, el nanomaterial magnético en polvo (0.005 g). Nuevamente se agitó el agua, se acercó un imán por una orilla a la caja de Petri y se observó el desplazamiento de la mancha. Con FF el procedimiento es similar, pero en lugar del polvo se adicionan 5 mL del FF correspondiente) en forma similar a lo realizado por Betancur, 2019.

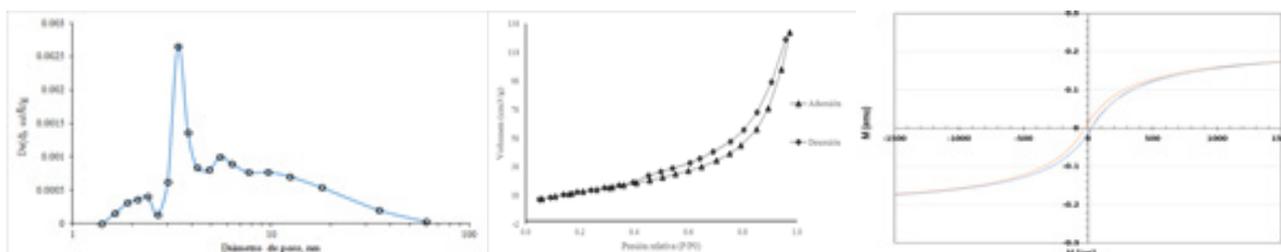
## Resultados y discusión

A partir de sales de hierro (II), hierro (III) y NTH, se sintetizó una muestra de NTH-M, por el método de coprecipitación, se obtuvo un sólido de color café oscuro, con propiedades magnéticas, características de la magnetita (Nkurikiyimfura et al, 2020). A partir de la muestra de NTH-M y T se obtuvieron las muestras de NTH-M-T que tienen el mismo color.

Preparación de FF: Con las muestras de NTH-M-T se prepararon FF, utilizando C y agua o diésel.

Caracterización de nanopartículas NTH-M: En la Figura 1 se muestra la caracterización de la muestra obtenida de NTH-M: Se identificó a la haloisita por los valores de las reflexiones a  $2\theta$  de  $12.2^\circ$ ,  $20.1^\circ$ ,  $24.5^\circ$ ,  $35.1^\circ$ ,  $38.1^\circ$ ,  $54.6^\circ$  y  $62.6^\circ$ ; el valor de  $12.2^\circ$  características del espacio interplanar de NTH deshidratada; resultados similares de DRX han sido obtenidos por Joussein, *et al*, 2005), de acuerdo con la tarjeta de identificación PDF 00-029-1487. También, se identificó magnetita por medio de las reflexiones en  $2\theta$  de  $18.3^\circ$ ,  $30.11^\circ$ ,  $35.46^\circ$ ,  $43.10^\circ$  y  $57^\circ$  de acuerdo con la tarjeta de identificación PDF 00-089-2355. También, en la imagen obtenida por SEM se observa la presencia de partículas cilíndricas que corresponden a NTH, así como también partículas esféricas y/o aglomerados de partículas esféricas que corresponden a la magnetita. El tamaño promedio de la nanomagnetita es de 25.6 nm. Las propiedades texturales de la muestra, se determinaron a partir de la técnica analítica de adsorción-desorción de nitrógeno. La distribución de tamaño de poro obtenida por el método de Barret-Joyner-Halenda (BJH) permite observar que se tienen poros (mesoporos) entre 2 y 60 nm (Leofanti et al, 1998) y la distribución de tamaño de poros es bimodal, con poros de 3.4 y 5.7 nm, respectivamente. De acuerdo al ciclo de histéresis de la adsorción-desorción de la muestra presenta un ciclo tipo H3, característico de materiales mesoporosos con aglomeraciones de poros en forma de rendija o laminares y forma y/o tamaño no uniforme. El área superficial específica obtenida por el método BET, fue de  $72.81 \text{ m}^2/\text{g}$ . Finalmente, el ciclo de histéresis durante la magnetización de la muestra de NTH-M indica que corresponde a un material superparamagnético con una saturación de 0.176 emu, una magnetización residual de 0.015 emu, una coercitividad de  $-26.14 \text{ Oe}$ ; la muestra es superparamagnética, al retener una magnetización muy pequeña al retirar el campo magnético H y la susceptibilidad magnética para NTH-M fue de 4.73.



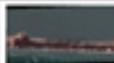


**Figura 1.** Caracterización de la muestra de NTH-M: Patrón de difracción de rayos X e imagen obtenida por SEM de la muestra de NTH-M (arriba de izquierda a derecha). Distribución de tamaño de poro, ciclo de histéresis para la adsorción de nitrógeno y ciclo de histéresis magnética (abajo de izquierda a derecha).

Evaluación de ángulos de contacto sólido-petróleo-vapor y sólido-petróleo-agua de mar: En la Tabla 1 izquierda, se presentan las imágenes y los ángulos de contacto promedio, de la muestra de petróleo y del agua de mar sobre los nanomateriales. El ángulo de contacto de la muestra de petróleo con la muestra de NTH-M es de  $94^\circ$ , que indica que se encuentra el sólido entre la frontera entre la hidrofiliidad y oleofiliidad (Shaw, 1963). Los ángulos de contacto de la muestra de petróleo sobre las muestras NTH-M-T20, NTH-M-D y NTH-M-C se filtraron en la base de partículas de NTH-M-T, lo cual indica mayor oleofiliidad que NTH-M, debido a que estos tensoactivos se adsorben por la parte polar tanto a los silanoles de los NTH como a los óxidos de hierro, quedando la parte no polar del tensoactivo dirigida hacia la superficie externa (petróleo). En el caso de NTH-M-B aunque el ángulo de contacto disminuyó a  $43^\circ$ , también se observó una mayor oleofiliidad, pero menos marcada, lo cual se explica debido a que las betaínas son más hidrofílicas (HLB = 35) y está de acuerdo con Liu, Q. *et al*, 2020, quien midió el ángulo de contacto de agua sobre  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  sin recubrimiento, en  $12.7^\circ$  y cuando recubrió las partículas con 1,2 epoxy dodecano en proporciones 1:0.005, 1:0.010 y 1:0.015 p/p, los ángulos medidos fueron  $20.6^\circ$ ,  $57.5^\circ$  y  $94.3^\circ$ , respectivamente. Por otro lado, cuando se depositó la gota de agua sobre la superficie NTH-M y de NTH-M-T se observó que se filtró completamente a través de los poros interpartículas, Sin embargo, un material que se repele indica que no presenta mojabilidad, y uno que se adsorbe o filtra tiene alta mojabilidad, similar a lo reportado por Jimin, (2019). También se observa en el lado derecho de la Tabla 1 el ángulo de contacto entre la gota de agua de mar y el lecho de NTH-M y NTH-M-T, ambas sumergidas en diésel, encontrándose que NTH-M son hidrofílicas al presentar un ángulo de  $66^\circ$  y que todas las NTH-M-T son menos hidrofílicas (más oleofílicas) que NTH-M al ser mayor su ángulo de contacto con el agua de mar. Al parecer con el

D sodio esto mejora ( $80^\circ$ ) debido a la afinidad de D con el petróleo, lo cual es el efecto esperado al adicionar tensoactivo a NTH-M y tratar de buscar un equilibrio entre la hidrofobicidad y la oleofobicidad de NTH-M-T.

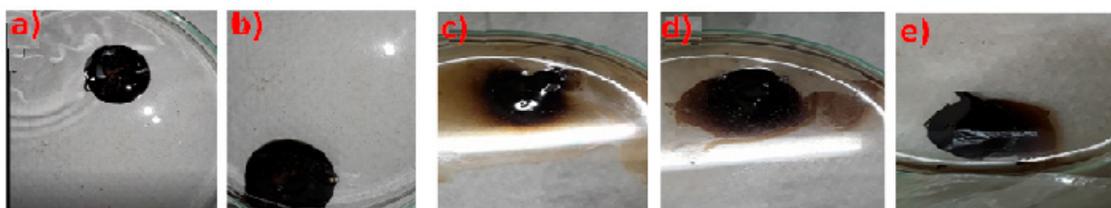
**Tabla 1.** Ángulos de contacto sobre las muestras de nanomateriales (izq) y las nanopartículas magnéticas (der)

NANOMATERIAL	PETRÓLEO	ÁNGULO	AGUA DE MAR	ÁNGULO
NTH-M		$94^\circ$		---
NTH-M-B		$43^\circ$		---
NTH-M-T20		---		---
NTH-M-D		---		---

NANOMATERIAL	DOTA DE AGUA DE MAR EN DIESEL SOBRE NANOPARTÍCULAS MAGNÉTICAS	ÁNGULO FORMADO ENTRE NANOPARTÍCULAS Y AGUA
NTH-M		$86.4^\circ$
NTH-M-C		$75.4^\circ$
NTH-M-B		$76.3^\circ$
NTH-M-T20		$78.5^\circ$
NTH-M-D		$80.4^\circ$

Recuperación de petróleo con nanopartículas en polvo y en FF: Se adicionaron nanopartículas magnéticas NTH-M y NTH-M-T en polvo a la mancha de petróleo y se agitó el agua con una espátula, el petróleo prácticamente no se extendió sobre la superficie de agua, sino que se movió la mancha como un todo; la mayoría de los nanomateriales magnéticos se quedaron adheridos a las interfases petróleo-agua y petróleo-aire y otra pequeña parte, que cayó en la fase acuosa, se fue al fondo del recipiente. Al agitar nuevamente, se observó que cuando se acercó el imán manual a una orilla de la caja Petri, que la mancha se movió en la dirección del imán, terminando en el borde de la caja de Petri, cercana al imán, instantáneamente (Figura 2 a y b). Cuando el FF preparado con NTH-M-T y agua, se adicionó tanto a la mancha de petróleo pesado como al agua salina de la caja Petri, se dispersó alrededor de la mancha y por toda el

agua de mar de la caja Petri. Inicialmente, la mancha de petróleo se extendió un poco respecto a su forma original (Figura 2 c), pero al agitar el agua de la caja de Petri la mancha se contrajo nuevamente a su forma original (Figura 2 d). Cuando se acercó el imán manual a una de las orillas de la caja Petri, en los primeros minutos la mancha de petróleo no se desplazó instantáneamente, pero al paso del tiempo (3-8 min) la mancha se movió hacia el imán (Figura 2 e).



**Figura 2.** Recuperación de petróleo con NTH-M-D en polvo: a) Petróleo sobre agua de mar. b) Petróleo que se deslizó hacia el campo magnético (imán). c) Petróleo con FF-NTH-M-D-agua, d) Petróleo agitado con una espátula. e) Después de acercar un imán en una orilla, el petróleo se mueve lentamente hacia el campo magnético.

## Conclusiones

1. Se sintetizó NTH-M y se caracterizó, encontrándose la presencia de dos fases cristalinas (DRX): NTH y M; M se encuentra (SEM) tanto como nanopartículas aisladas, como en aglomerados de tamaño nanométrico; la muestra de NTH-M es un material mesoporoso con área superficial específica de  $72.81 \text{ m}^2/\text{g}$ . NTH-M y tiene adecuadas propiedades magnéticas.
2. En las muestras preparadas de NTH-M-T con B, C, T20 y D se encontró que la adición de T a NTH-M, reduce el ángulo de contacto del petróleo con la superficie de NTH-M-T, incrementando la oleofilicidad de las partículas, para todos los T utilizado en NTH-M-T y los ángulos de contacto de agua-NTH-M-T sumergidos en diesel son algo menores, a  $90^\circ$ , aumentando la oleofilicidad, con respecto a NTH-M.
3. En la recuperación de petróleo derramado (una gota en agua de mar en una caja Petri), utilizando una proporción en peso de 20:1 petróleo: nanopartículas magnéticas y un campo magnético externo:
  - Con nanopartículas en polvo, la mayor parte de nanopartículas se adsorben en la superficie y el desplazamiento por efecto de campo magnético es rápido (8 segundos). Además, la presencia de las nanopartículas no dispersa ni modifica la forma de la mancha de petróleo, aún con agitación. No se observó una diferencia con la naturaleza química de T que formaba NTH-M-T.

- Cuando se utilizan FF en agua desionizada, el proceso de adsorción de las nanopartículas sobre la mancha de petróleo es más lento (3-8 min), que con las nanopartículas en polvo. No se aprecia diferencia en el desplazamiento con la naturaleza de T en NTH-M-T.
  - Al adicionar FF preparados con diésel como líquido portador, se genera un poco de extensión de la mancha de petróleo sobre la superficie acuosa; no se aprecia que se depositen nanopartículas en el fondo y el desplazamiento magnético de la mancha es lento (3-8 min.) No se aprecia diferencia en el desplazamiento con la naturaleza de T en NTH-M-T.
4. Las muestras de NTH-M y NTH-M-T, tanto en polvo como en FF tienen buen potencial para su utilización como una alternativa más, en la recuperación de petróleo derramado en cuerpos de agua, sin dispersarse, al menos para petróleo pesado (muy viscoso). En polvo para petróleos viscosos y en ferrofluido para crudos menos viscosos.
  5. Queda pendiente para estudios posteriores determinar cuál T es más eficiente, así como optimizar la cantidad de nanopartículas magnéticas utilizadas para la recuperación y la forma (polvo o FF) y los tiempos para la aplicación del campo magnético con el fin de mejorar el rendimiento en este experimento y llevarlo así a una mayor escala.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo al programa UNAM-PAPIIT IN113722, así como al CONACYT, por la beca ortogada.

## Referencias

- Barbeito, P, Mariel S., Mariel. (2009). Ferrofluidos. Buenos Aires Argentina. Universidad de Buenos Aires – Facultad de Ingeniería – Física del Estado Sólido. <http://materias.fi.uba.ar/6210/Ferrofluidos%202.pdf>
- Betancur S., Olmos, C. M., Pérez, M., Lerner, B., Franco, C. A., Riazi, M., Gallego, J., Francisco Carrasco-Marín, F, C., Cortés, F. B. (2020), A Microfluidic Study to Investigate the Effect of Magnetic Iron Core-Carbon Shell Nanoparticles on Displacement Mechanisms of Crude Oil for Chemical Enhanced Oil Recovery. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 184, 106589
- Bly, M. (2010) Deepwater Horizon Accident Investigation Report, Diane Publishing.

- Ghosh, S. & Webster, T. J., (2022). Chapter 10. Nanotechnological advances for oil spill management: removal, recovery and remediation. *Advances in Oil-Water Separation. A Complete Guide for Physical, Chemical, and Biochemical Processes*. Elsevier, 175-194
- Jimin, X., Ruia, H., Cuipingb, Z., Yunruia, L., Linbina, H., Haoyanga, M. (2019). The remarkable difference in water wettability of  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$  and  $\text{Y}_2\text{BaCuO}_5$  powders. *Physical C: Superconductivity and its applications* **561**, 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.physc.2019.03.003>
- Joussein, E., Petit, S., Churchman, J., Theng, B., Rughi, D., & Delvaux. (2005). Halloysite clay minerals: a review. *Clay Minerals*, **40**(4), 383-426.
- Leofanti, G., Padovan, M., Tozzola, G., & Venturelli, B. (1998). Surface area and pore texture of catalysts. *Catalysis Today*, **41**(1-3), 207–219. [doi:10.1016/S0920-5861\(98\)00050-9](https://doi.org/10.1016/S0920-5861(98)00050-9)
- Liu, Q. Qua, H., Liua, S., Zhanga, Y., Zhanga, S., Liua, J., Penga B., Luoc, D. (2020). Modified  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  nanoparticle used for stabilizing foam flooding for enhanced. *Colloids and Surfaces A*, **605** 125383. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.125383>
- Mishra, S., Chauhan, G., Verma, S., Ujjawal, S. (2022). The emergence of nanotechnology in mitigating petroleum oil spills. *Marine Pollution Bulletin* **178**, 113609
- Nkurikiyimfura, I., Wang, Y., Safari, B., Nshingabigwi, E. (2020). Temperature-dependent magnetic properties of magnetite nanoparticles synthesized by the coprecipitation method. *J. alloys and compounds*, 846, 156344. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.156344>
- Ryoo, S., Rahmani, A. M., Yoon, K.Y., Prodanovic, M., Kotsmar, C., Milner, T. E., Johnston, K. P, Bryan, S. L., Uuh, C. (2012). Theoretical and experimental investigation of the motion of multiphase fluids containing paramagnetic nanoparticles in porous media. *J. Petr. Sci & Eng*, **81** (8) 129-144. <https://doi.org/10.2118/134879-MS>
- Shaw. D. J. (1966). *Introduction to Colloid and Surface Chemistry*. Butterworths: London.
- Vargas, Y. M., Obaya A. E. *Caracterización de materiales, nanomateriales y catalizadores*. UNAM, México, 2014.
- Yekshaveh, J. S., Jafari, A, Tohidi, Z., Reza Pour Salehi, R. P. (2020). Nano-scale simulation of oil-water-nanosilica-rock system: Wettability and rheological properties alteration using charged nanoparticles. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, **195** (101) 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.107724>
- Zargar, G. (2020). Experimental investigation of the effect of green  $\text{TiO}_2$ /quartz nanocomposite on interfacial tension reduction, wettability alteration, and oil recovery improvement. *Fuel*, **263**, 116599. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116599>

# PROTOTIPO PARA DEGRADACIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS A BASE DE CATALIZADORES FENTON SOPORTADOS EN CELULOSA

*José Alejandro Guzmán Sánchez\*<sup>1</sup>, Juan Manuel Padilla Flores<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, [15022@utcv.edu.mx](mailto:15022@utcv.edu.mx)

<sup>2</sup>Universidad Tecnológica Emiliano Zapata del Estado de Morelos

## Resumen

La siguiente propuesta, presenta los avances del desarrollo de un sistema de filtración que permite el tratamiento de agua grises, mediante el uso de la filtración química y mecánica, como lo son; el proceso fenton, el tezontle, el carbón, la grava y el mesocarpio de coco. Se diseñaron filtros de fácil mantenimiento y a un precio asequible para su uso controlado. Se hicieron pruebas biológicas como lo son los medios de cultivo, para determinar la reducción de los contaminantes en las aguas residuales, mediante la construcción del filtro y sus diferentes variantes.

**Palabras Clave:** Proceso Fenton, Filtración Mecánica, Filtración Química, Medios de cultivo

---

## Antecedentes

En la actualidad se genera una gran cantidad de contaminación acuífera, esto por medio del ser humano en su afán de construir, esto ha llevado a buscar soluciones para su correcto tratamiento, reduciendo en su mayoría dicha contaminación. El uso de filtros ha sido utilizado desde la antigüedad, hasta la actualidad, esto se debe a su gran versatilidad y su bajo costo, a la par de varios procesos en los que se integran los diferentes tipos de filtros y sus derivados procesos, ya que estos se pueden catalogar en tres fases. La primera fase es la mecánica; La filtración mecánica, actúa como un tamiz que retiene sustancias grandes como minerales o restos. La segunda y tercera fase puede alternarse entre la química y la biológica; La filtración biológica, son grupos de bacterias que transforman y eliminan los restos de la materia orgánica que se encuentre. Y la filtración química; “Son sustancias que remueven partículas tóxicas o indeseables, mediante reacciones químicas o absorción del material. El proceso fenton, es un método de oxidación avanzada, con un bajo costo.

Se creó una propuesta para el diseño de este proyecto en la creación de un prototipo de filtros para la degradación de contaminantes orgánicos en base, en el proceso fenton, como parte química y combinándolo con la parte mecánica, crear un sistema de filtración asequible, y sin darle tanto mantenimiento.

La filtración mecánica, en este proyecto, como base que está combinando los diferentes materiales es el mesocarpio de coco y después los demás materiales son las variantes en la construcción del filtro mecánico, que le dan una amplia variedad dependiendo de sus características, en primer plano se encuentra el mesocarpio de coco; Son células individuales alargadas y de extremos puntiagudos, con una pared celular secundaria gruesa y un grado de lignificación variable. Las fibras y el tejido medular constituidos principalmente por lignina, celulosa y hemicelulosa le confieren buena capacidad de absorción y retención de agua, La gran utilidad de esta fibra radica en su capacidad para estirarse, por lo que tienen diferentes usos tanto en la industria de ornamenta como de construcción, así mismo tiene potenciales aplicaciones en la química analítica y el tratamiento de efluentes industriales, es utilizado como medio absorbente en la eliminación de metales pesados (Anirudhan and Unnithan, 2007).

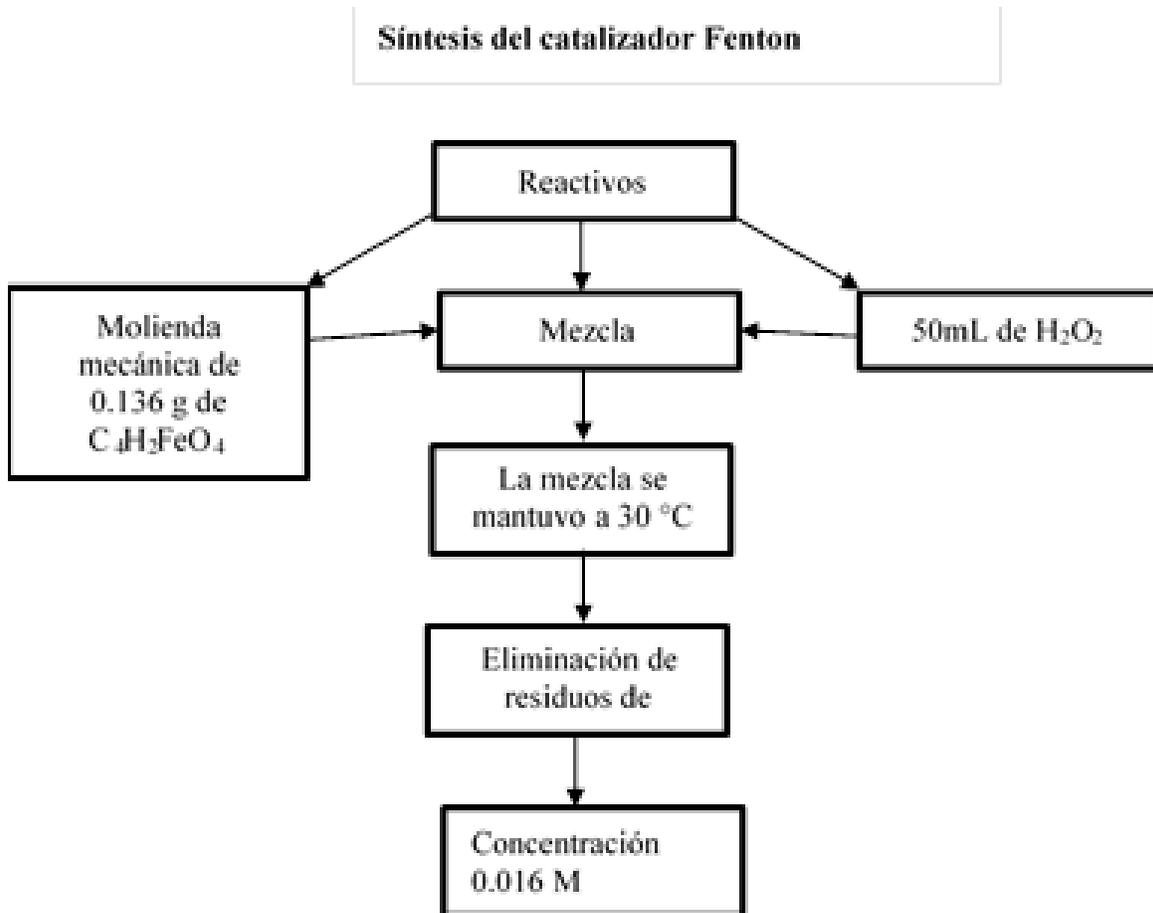
La filtración química en este proyecto se deriva al proceso fenton; El proceso consiste en la adición de sales de hierro en presencia de peróxido de hidrógeno en un medio ácido, para la formación de radicales OH. Además de formarse radicales OH, se generan radicales perhidroxilo ( $\text{HO}_2$ ), los cuales inician una reacción de oxidación en cadena para eliminar la materia oxidable (Domeench et al., 2004).

## Objetivo

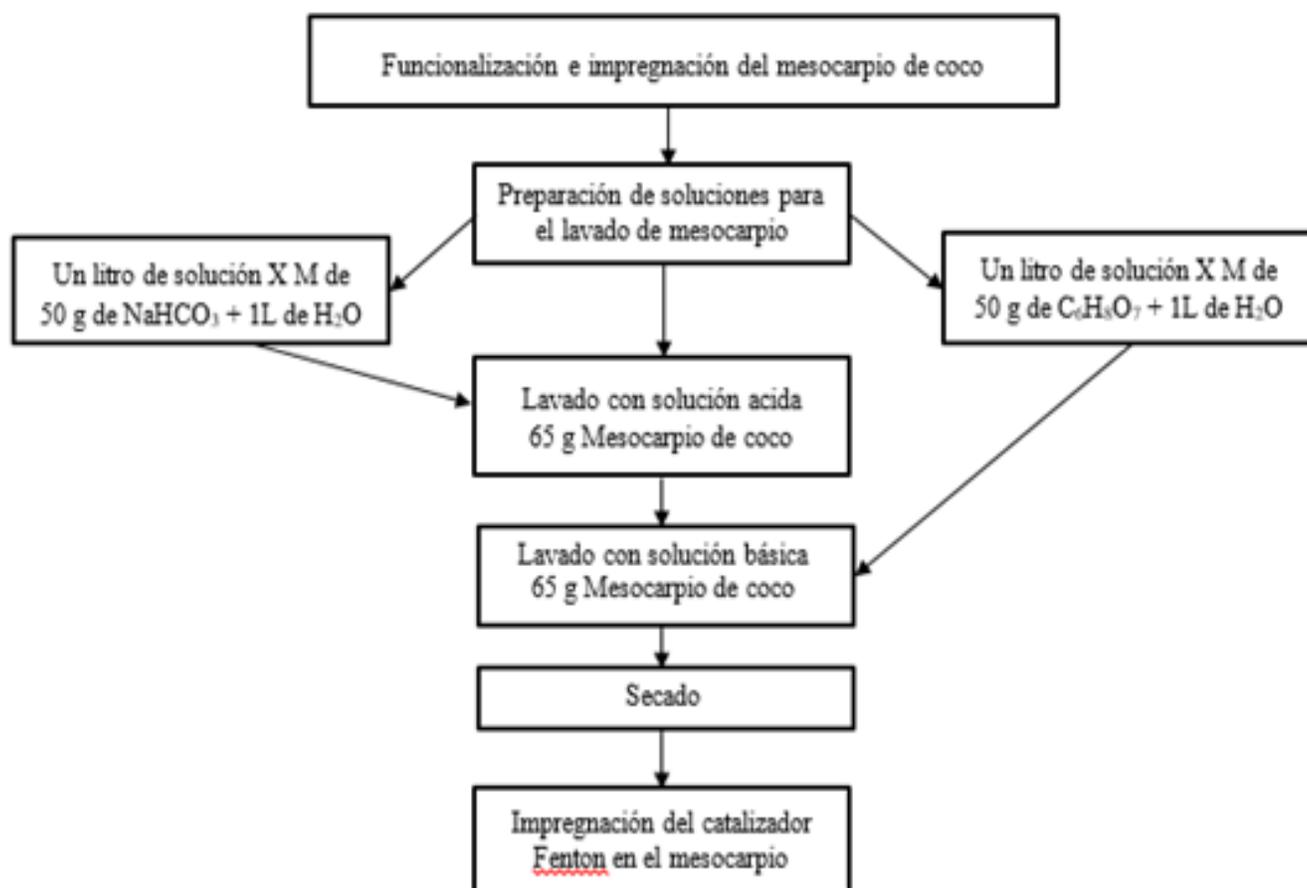
Crear un sistema de tratamientos de aguas residuales mediante el proceso Fenton, incorporando celulosa de coco nucifera y otros aditamentos.

## Desarrollo Experimental

### 1.- Síntesis del proceso Fenton



**Figura 1.** Mapa Conceptual de la Síntesis del Proceso Fenton



**Figura 2.** Diagrama de Flujo del Tratamiento del Mesocarpio de coco (coco nucifera) para su impregnación con el Proceso Fenton

### 3.- Medición de pH

Se adicionaron 30 mL de agua contaminada al filtro la cual le tomo un tiempo en salir las primeras gotas, después de 15 min, se consiguió una cantidad de 40 mL de agua tratada en este tiempo, la absorbí del mesocarpio fue de 10 mL, después de pasar por el filtro se midió el pH del agua tratada y la no tratada; se obtuvo un pH de 6 a el agua no tratada y al agua tratada se obtuvo un pH de 4.

#### 4.- Medios de cultivo



**Figura 3.** Diagrama de Flujo de medios cultivo

### Resultados y Discusiones

#### Pruebas biológicas (medios de cultivo)

Un medio de cultivo es un conjunto de componentes que crean las condiciones necesarias para el desarrollo de los microorganismos. Estos a su vez están divididos en diferentes tipos de medios de cultivo como lo son: Sólidos y Líquidos, Medios definido y medio complejo, mineral o basal, mínimo, rico enriquecido, selectivo, diferencial. Estos están constituidos por materiales habituales como lo son; Agentes gelificantes (Agar), Extractos (levadura, carne, hígado, semillas, etc.), Peptonas (soja, carne, gelatina, caseína), Sistemas amortiguadores (Fosfatos), Indicadores de pH (rojo, neutro, cristal violeta, rojo de fenol), Agente reductores (microaerofilia o ana-

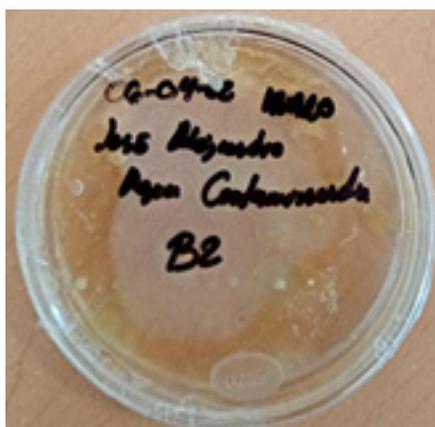
-rofilia), Agentes selectivos (sales biliares), Antibióticos, entre otros. La Figura 4 y 5 muestran un crecimiento microbiológico, una coloración amarillenta opaca, con formas amorfas e irregulares sin pigmentación, esto se debe a la muestra de agua contaminada tipo B1, a diferencia de la muestra B2, en la Figura 6 y 7, se muestran los ejemplos donde el Agar no es afectado tanto por su pigmentación y tiene una mayor transparencia, con un crecimiento de microorganismos, ondulado, opaco, sin transparencia, con aros de inhibición de 0.01 mm.



**Figura 4.** Agua Contaminada B1



**Figura 5.** Crecimiento de Microorganismos, coloración Amarillenta, puntos blancos, negros, crema y rojas



**Figura 6.** Agua Contaminada B2



**Figura 7.** Crecimiento de Microorganismos, puntos naranjas, formas irregulares crema

En las Figuras 8 y 9 se observó el cambio, al tratar la muestra de agua contaminada B1, con el sistema de filtración se pudo notar una reducción alta del contaminante orgánico, mediante el uso continuo durante 15 min, pasándolo por el filtro y cuando se hizo los medios de cultivo se notó el cambio.

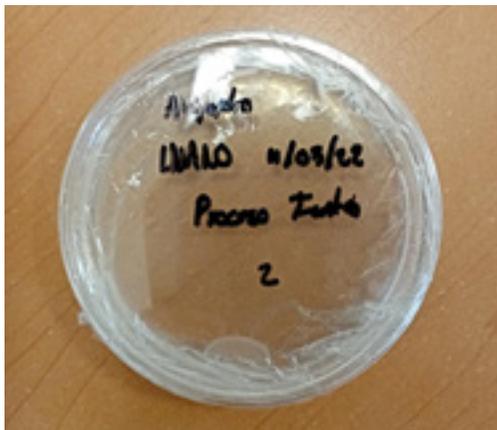
En las Figuras 10 y 11 se observó el cambio de las muestras de agua contaminada B2, con el sistema de filtración.



**Figura 8.** Proceso Fenton 1



**Figura 9.** Sin Cambios



**Figura 10.** Proceso Fenton 2



**Figura 11.** Sin Cambios

En las anteriores imágenes, se mostró un cambio notable con respecto a los medios de cultivo suministrados con agua contaminada, con el uso del sistema de filtración.

## Conclusiones

En el uso del sistema de filtración con El proceso Fenton, impregnando en el mesocarpio de coco como la parte química, se pudo observar un cambio radical en el uso de medios de cultivo a la hora de pasar el agua contaminada de tipo B1 y B2, esto se debe a que la reacción cuando entra en contacto con la materia orgánica, empieza una reacción de oxidación avanzada y disminuye los restos de materia, y absorbiendo parte de la materia a reducir, con la parte mecánica el uso de tezontle, carbón activo y gravilla, disminuye el ingreso de partículas de mayor tamaño.

Por lo cual el prototipo de sistema de filtración Fenton logro una mayor eficiencia y menor costo de reactivos, dando como resultado un uso de mayor inversión en el futuro.

## Agradecimientos

El autor agradece al apoyo del Dr. Juan Manuel Padilla Flores de la UTCV, al M.C. Esaú Solano Ruiz, M.B. Sandra Luz Hernández Valladolid por apoyarme en la adquisición de conocimiento de los reactivos, su y su neutralización y por su paciencia

## Referencias

Anirudhan T. and Unnithan M. (2007) Arsenic (V) removal from aqueous solutions using an anion exchanger derived from coconut coir pith and its recovery. *Chemosphere*. 66(1):60–66. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.05.031>

AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1984. Official Methods of Analysis. Gaithersburg, MA, 1USA

Domenech, X., Wilson, F., Jardim, W., & Litter, M. (2004). Procesos avanzados de oxidación para la eliminación de contaminantes. In: M.A. Blesa & B. Sánchez (editores), Eliminación de contaminantes por fotocatalisis heterogénea. Colección Documentos Ciemat, (Capítulo 1).

# EFECTO DE LA FUERZA IÓNICA EN LAS DISOLUCIONES BUFFER ÁCIDO – BASE EMPLEADAS PARA EL CALIBRADO DE SONDAS POTENCIOMÉTRICAS COMERCIALES

*Ricardo Galdino Martínez Pérez* \*<sup>1</sup>, *Esperanza Elizabeth Vilchis Barrera* <sup>2</sup>,  
*Arturo de Jesús García Mendoza* <sup>3</sup>, *José Alejandro Baeza Reyes* <sup>4</sup>,  
*Joan Albert Sánchez Cabeza* <sup>5</sup>.

<sup>1,3</sup> *Facultad Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM.* <sup>1</sup> [ricard.mtz.p@gmail.com](mailto:ricard.mtz.p@gmail.com).

<sup>2,5</sup> *Instituto de Ciencias del Mar y Limnología, UNAM.* <sup>2</sup> [elivilchis.95@gmail.com](mailto:elivilchis.95@gmail.com).

<sup>3</sup> [arturogm@unam.mx](mailto:arturogm@unam.mx), <sup>4</sup> *Facultad de Química, UNAM,* [baeza@unam.mx](mailto:baeza@unam.mx),

<sup>5</sup> [jasanchez@cmarl.unam.mx](mailto:jasanchez@cmarl.unam.mx).

## Resumen

Se evaluó la respuesta potenciométrica y el porcentaje de eficiencia electromotriz,  $\beta$ (%), de una serie de electrodos comerciales empleados para determinar el pH cuando éstos fueron calibrados con disoluciones buffer de fuerza iónica elevada. El objetivo radica en la obtención fidedigna de los valores del pH en el agua de mar ante la urgencia de su monitoreo debido al exceso de CO<sub>2</sub> de origen antropogénico que provoca un aumento de los niveles de acidez. Un proceso de calibración de estos electrodos empleando disoluciones amortiguadoras comerciales conllevaría a un error al no poseer la fuerza iónica de la muestra a analizar. El presente proyecto propone considerar dicho efecto en las disoluciones de calibrado empleadas para cada sonda; generando un panorama crítico frente a la decisión de elegir qué electrodo emplear o adquirir para su uso en medios altamente salinos.

**Palabras clave:** Potenciometría, fuerza iónica elevada, electroquímica, eficiencia electromotriz, calibración de electrodos, agua marina.

## Antecedentes

La determinación del pH en ecosistemas marinos es importante para hacer inferencias sobre la especiación química del polisistema del  $\text{CO}_3^{2-}$  en dicha matriz. Por ejemplo, cuando ocurre un incremento del  $\text{CO}_{2(g)}$  absorbido por los océanos se observará un aumento en la acidez marina con consecuencias negativas para la supervivencia de los organismos que presentan estructuras calcáreas y consecuentemente a la cadena trófica que de ellos depende (Millero, 1995). Actualmente, es posible la determinación indirecta del pH en cuerpos marinos mediante espectroscopía UV-Vis, usando indicadores químicos de tipo ácido – base en muestras preseleccionadas de agua de mar; sin embargo, la naturaleza del método imposibilita su aplicación *in situ*. No suele ser viable la determinación potenciométrica del pH en campo empleando sondas comerciales, debido a que la lectura no representa fielmente los niveles de acidez a causa del efecto de la fuerza iónica de la muestra (Cardoso, 2014). En la mayoría de los cuerpos marinos la fuerza iónica presenta un valor promedio de  $I_c = 723 \text{ mol m}^{-3}$  (típicamente reportada como  $0.72 \text{ mol L}^{-1}$  (Millero, 1995)), el cual es notoriamente lejano al valor de fuerza iónica de las disoluciones comerciales de calibrado. Es por esto que se hace imperativo el estudio de la influencia de la fuerza iónica en el calibrado y en la determinación de la eficiencia electromotriz de sondas comerciales para determinar puntualmente el valor del pH en medios marinos.

## Objetivos

Principal: Estudiar el efecto de la fuerza iónica de las disoluciones de calibrado sobre el porcentaje de eficiencia electromotriz de una serie de sondas comerciales, con el fin de emplearlas en la determinación potenciométrica del pH. Secundario: Evaluar la relación costo-beneficio de una serie de electrodos comerciales con el fin de elegir la sonda que brinde una respuesta óptima para su uso en medios altamente salinos.

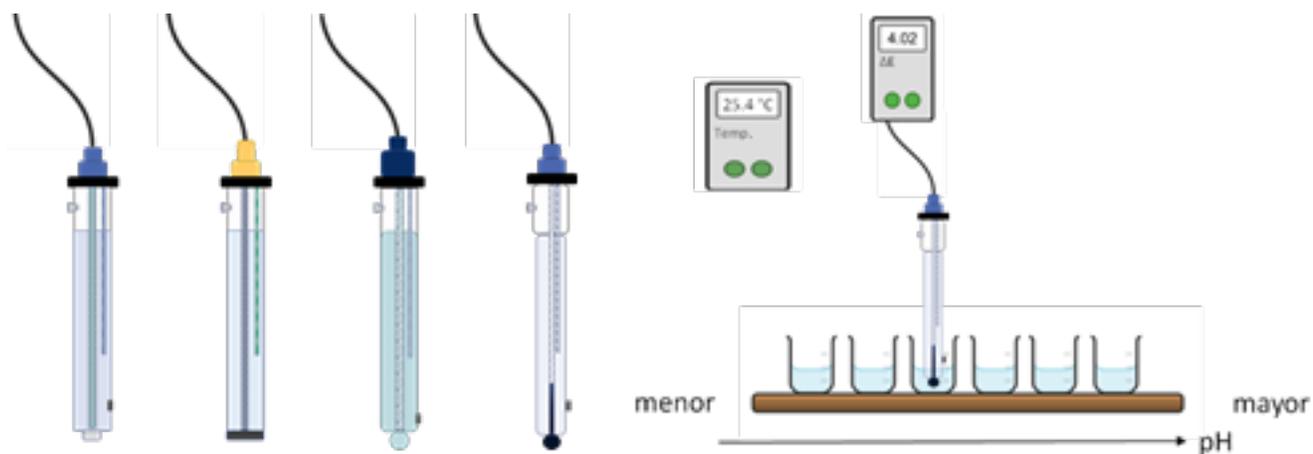
## Parte experimental

**Reactivos:** Cloruro de sodio,  $\text{NaCl}_{(s)}$ , (para imponer un valor de fuerza iónica  $I_c = 723 \text{ mol m}^{-3}$ ); hidróxido de sodio,  $\text{NaOH}_{(s)}$ ; ácido nítrico,  $\text{HNO}_3$ ; ftalato de potasio,  $\text{KHBf}_{(s)}$ , (como patrón primario y para el buffer de ftalatos); ácido fosfórico,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , y di-

hidrogenofosfato de sodio monohidratado,  $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}_{(s)}$ , para la elaboración de la disolución buffer de fosfatos; tris(hidroximetil)aminometano,  $(\text{HOCH}_2)_3\text{CNH}_2$  (en lo sucesivo TRIS) y clorhidrato de tris(hidroximetil)aminometano,  $(\text{HOCH}_2)_3\text{CNH}_3 \cdot \text{Cl}$  (en lo sucesivo TRIS $\cdot$ HCl) para la elaboración del buffer de TRIS; tetraborato de sodio decahidratado,  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}_{(s)}$ , para la elaboración de la disolución buffer de boratos; agua desionizada,  $\text{H}_2\text{O}_{(l)}$ , para las preparación de las disoluciones y el lavado del material y tres disoluciones buffer comerciales: J.T. Baker: Buffer solution (Biphtalate), pH 4 (color coded red), J.T.Baker. Buffer solution (Phosphate), pH 7 (color coded yellow) y J.T.Baker. Buffer solution (Borate), pH 10 (color coded blue).

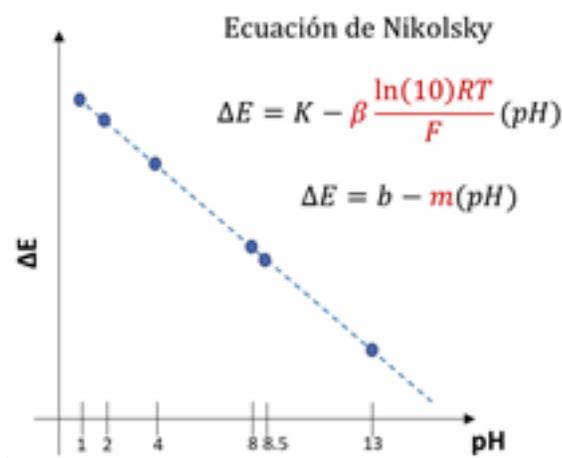
**Equipo:** Se empleó un potenciómetro marca ThermoScientific® Orion Dual Star, celdas de vidrio de capacidad máxima de 20 mL y una serie de electrodos comerciales (de marca Hanna Instruments® los modelos HI – 1333B, HI – 2031B y HI – 1043P; de Mettler Toledo® el modelo DG 115-5C; de Corning® los modelos 476044 y 476456; de Hamilton® el modelo CH-7402; de Conductronic® el modelo pH10 y de RedLemon®, un distribuidor de artículos del hogar, el modelo Pen Type Electrode).

**Diseño experimental:** Se determinó la eficiencia electromotriz de una serie de electrodos comerciales empleando tres disoluciones amortiguadoras comerciales a una  $I_c = 100 \text{ mol m}^{-3}$  (McQuarrie, 1997). Para ello, se determinó el potencial de celda,  $\Delta E$  vs. ER, y se colectaron los datos cada 90 s por un tiempo total de adquisición de 6 horas (Figura 1). Estos ensayos se llevaron a cabo por triplicado; de los datos obtenidos se correlacionó el potencial promedio con el valor del pH de cada estándar (Catenaccio, 2003). Se repitió este procedimiento para determinar el efecto de la salinidad sobre la eficiencia de estos mismos electrodos cuando se determina el pH en disoluciones altamente salinas (Massel, 2015); para ello se emplearon seis disoluciones amortiguadoras del pH preparadas a una  $I_c = 723 \text{ mol m}^{-3}$ , (impuesta con NaCl con el objetivo de emular el efecto de una matriz de agua de mar).



**Figura 1.** Izquierda: Esquema ilustrativo de las distintas sondas empleadas. Derecha: Procedimiento experimental.

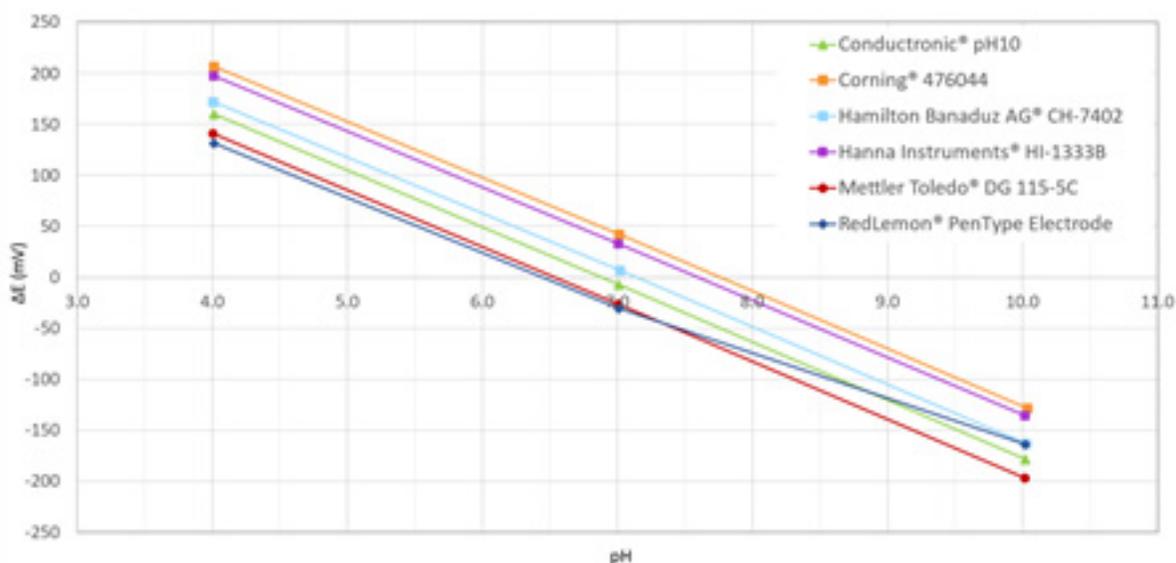
**Tratamiento de datos:** Para cada uno de los electrodos analizados se obtuvo una curva de calibración de donde se evaluó la eficiencia electromotriz. La ecuación de la recta que la describe relaciona la diferencia de potencial con respecto al pH en una relación tipo Nikolsky. A partir de ella es posible despejar el porcentaje de eficiencia electromotriz de la celda,  $\beta\%$ , como se ilustra en la Figura 2.



**Figura 2.** Curva de calibración descrita por la ecuación de Nikolsky.

## Resultados y discusión

En la Figura 3 y Figura 4 se presentan las curvas de calibración obtenidas a  $I_c=100$  mol  $m^{-3}$  y  $I_c=723$  mol  $m^{-3}$ , respectivamente (típicamente reportados por algunos autores en otras unidades como 0.10 mol  $L^{-1}$  y 0.72 mol  $L^{-1}$ , respectivamente). Las sondas evaluadas presentan una respuesta lineal y una eficiencia mayor del 90% para los diferentes valores de fuerza iónica. En la Tabla 1 y Tabla 2 se presentan los valores de  $\beta(\%)$  y  $r^2$  evaluadas para cada sonda.

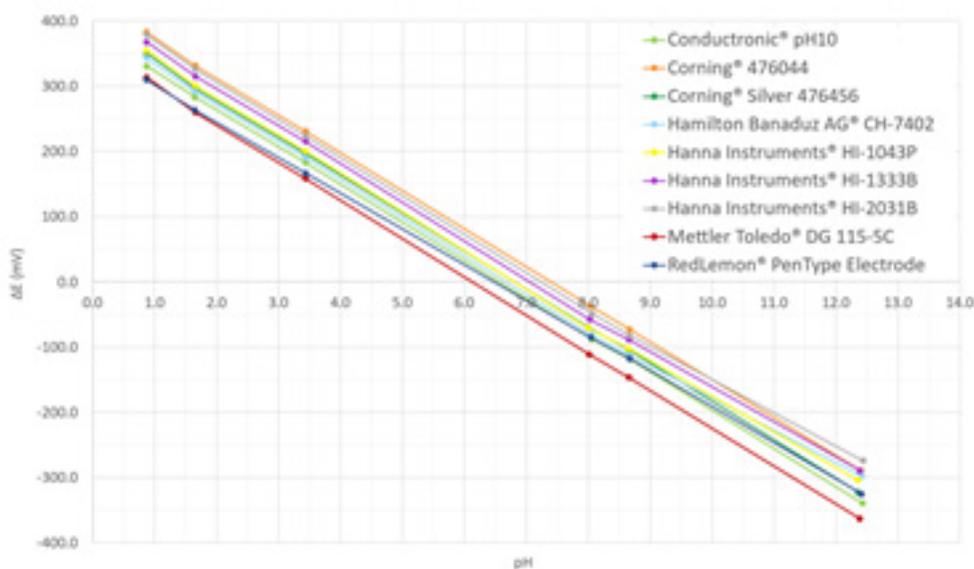


**Figura 3.** Curvas de calibración  $I_c=100$  mol  $m^{-3}$  para, Conductronic® (verde claro), 476044 (naranja), CH- 7402 (azul claro), HI - 1333B (morado), DG 115-5C (rojo) y RedLemon® (azul oscuro).

Entre las sondas calibradas y caracterizadas aquella que presentó el mayor valor en la eficiencia, a una  $I_c=723$  mol  $m^{-3}$ , corresponde al electrodo Mettler Toledo® Modelo DG 115-5C; del que se reporta un costo de cotización elevado en comparación con las demás sondas analizadas. En la Tabla 3, se presentan los costos de adquisición de los electrodos recabados a partir de las páginas web de los fabricantes (cotizadas en septiembre de 2022). Para la toma de decisión se realizó la comparación entre los valores obtenidos de  $\beta(\%)$ , el  $r^2$  y el precio de cada uno de los electrodos, seleccionando como aceptables cuatro electrodos para su uso en la determinación del pH en muestras con una fuerza iónica elevada.

**Tabla 1.** Eficiencia electromotriz a  $I=0.10 \text{ molL}^{-1}$ .

Instrumento	Parámetro	
	$\beta(\%)$	$r^2$
Conductronic® pH10	95.963	0.99997
Corning® 476044	95.184	0.99995
Hamilton Banaduz AG® CH – 7402	95.500	0.99994
Hanna Instruments® HI – 1333B	94.424	0.99997
Mettler Toledo® DG 115 – 5C	95.894	0.99997
RedLemon® PenType Electrode	93.480	0.99930



**Figura 4.** Curvas de calibración  $I_c=723 \text{ mol m}^{-3}$  para Conductronic® (verde claro), 476044 (naranja), 476456 (verde oscuro), CH- 7402 (azul claro), HI-1043P (amarillo), HI - 1333B (morado), HI-2031B (gris), DG 115-5C (rojo) y RedLemon® (azul oscuro).

**Tabla 2.** Eficiencia electromotriz a  $I=0.72 \text{ molL}^{-1}$ ..

Instrumento	Parámetro	
	$\beta(\%)$	$r^2$
Conductronic® pH10	98.483	0.99995
Corning® 476044	98.498	0.99994
Corning® Silver 476456	98.389	0.99988
Hamilton Banaduz AG® CH – 7402	95.196	0.99823
Hanna Instruments® HI – 1043P	97.059	0.99941
Hanna Instruments® HI – 1333B	96.994	0.99935
Hanna Instruments® HI – 2031B	95.663	0.99877
Mettler Toledo® DG 115 – 5C	98.985	0.99988
RedLemon® PenType Electrode	92.768	0.99996

Con la información de la Tabla 3 se observa una relación costo–beneficio entre los electrodos y la respuesta del pH obtenida a valores elevados de fuerza iónica. Al comparar los resultados para el valor de la eficiencia electromotriz de las distintas sondas con su precio, se observa que los electrodos de precios más elevados brindan una mejor respuesta en medios altamente salinos. Esta tendencia coincide con la descripción ofrecida por el fabricante en donde se sugiere su uso en medios altamente salinos.

**Tabla 3.** Relación costo-beneficio y características para los electrodos analizados.

Instrumento	Parámetro		
	Costo* (\$ MXN)	Decisión	Descripción de los electrodos según el fabricante
Conductronic® pH10	5,310 <sup>.87</sup>	✓	Electrodo combinado de vidrio con conexión BNC, Cuerpo de epoxy, no rellenable, Uso sugerido general para ambientes ricos en iones.
Corning® 476044	6,060 <sup>.07</sup>	✓	Electrodo combinado de vidrio con conexión BNC, Cuerpo de vidrio, rellenable, Uso sugerido en docencia
Corning® Silver 476456	9,471 <sup>.33</sup>	✓	Electrodo combinado de vidrio con conexión DIN, Cuerpo de vidrio, rellenable, Uso sugerido general
Hamilton Banaduz AG® CH – 7402	2,560 <sup>.07</sup>	✗	Electrodo combinado de vidrio con conexión BNC, Cuerpo de epoxy, rellenable, Uso sugerido en ambientes de fza. iónica elevada o matrices complejas
Hanna Instruments® HI – 1043P	3,758 <sup>.40</sup>	✗	Electrodo combinado de vidrio con conexión BNC, Cuerpo de vidrio, rellenable, Uso sugerido general
Hanna Instruments® HI – 1333B	2,589 <sup>.12</sup>	✗	Electrodo combinado de vidrio con conexión BNC, Cuerpo de epoxy, no rellenable, Uso sugerido general
Hanna Instruments® HI – 2031B	4,872 <sup>.00</sup>	✗	Electrodo combinado de vidrio con conexión BNC, Cuerpo de vidrio, rellenable, Uso sugerido en cosméticos
Mettler Toledo® DG 115 – 5C	13,610 <sup>.90</sup>	✓	Electrodo de vidrio (sin ER interno) con conexión BNC, Cuerpo de vidrio, rellenable, Uso sugerido en ambientes de fza. iónica elevada o matrices complejas
RedLemon® PenType Electrode	269 <sup>.00</sup>	✗	Electrodo combinado de vidrio con sonda portátil y circuito integrado, Cuerpo de plástico, no rellenable, Uso sugerido en el hogar.

Los resultados, los costos y las respectivas descripciones brindadas por los fabricantes para cada sonda, brindan una comparación para determinar los electrodos que se podrían emplear para la determinación del pH en muestras que posean una elevada fuerza iónica. Así, los electrodos que se consideran adecuados para esta tarea son el Conductronic® modelo pH10, Corning® modelo 476044, el Corning modelo 476456® y el Mettler Toledo® Modelo DG 115-5C. Aunque sus costos resultan ser los más elevados, presentan buenas correlaciones lineales y valores deseables de eficiencia electromotriz,  $\beta$ (%), cuando se emplean para determinar el pH en medios altamente salinos. Se comenta que el electrodo RedLemon® podría ser recomendado para su uso en docencia debido a su económico precio y gran durabilidad; pese a que brindó el

menor valor de  $\beta$ (%). Su empleo, como primer encuentro del alumnado en tareas de calibrado, podría resultar ventajoso durante el proceso enseñanza – aprendizaje de los principios fundamentales de la técnica o de una metodología concreta, pues ilustra una casa de una sonda con detalles técnicos; además, se reduce el riesgo de perder o estropear una sonda de un precio mayor debido a una manipulación incorrecta del discente.

## Conclusiones

Se presentaron las curvas de calibrado de las sondas potenciométricas a dos distintos valores de fuerza iónica ( $I_c=100 \text{ mol m}^{-3}$  e  $I_c=723 \text{ mol m}^{-3}$ ), evaluando distintos electrodos comerciales para determinar el pH, con el fin de conocer a aquellos que proporcionen una respuesta eléctrica satisfactoria y estable considerando la salinidad característica del agua de mar. A partir de los resultados mostrados en la Tabla 2, particularmente los valores de  $\beta$ (%) y sus correspondientes correlaciones, es posible sugerir el empleo de cuatro de los electrodos evaluados en medios con una fuerza iónica elevada. Los electrodos que se sugieren son Conductronic<sup>®</sup> pH10, Corning<sup>®</sup> 476044, Corning<sup>®</sup> 476456 y Mettler Toledo<sup>®</sup> DG 115 – 5C,.

Elegir incorrectamente la fuerza iónica de las disoluciones de calibrado podría provocar errores típicos de hasta 0.105 unidades de pH en ambientes ácidos y 0.490 unidades de pH en ambientes alcalinos.

La importancia de este estudio radica en la obtención de valores de pH más apegados a la realidad en medios altamente salinos y al posible uso de estas sondas para el estudio de los niveles de acidez en campo empleando el método de calibración propuesto, un electrodo de los sugeridos y, adicionalmente, un potenciómetro portátil con baterías para su funcionamiento.

## Agradecimientos

Investigación realizada gracias al Programa UNAM-PAPIIT IA202122.

## Referencias

- Cardoso-Mohedano, J. G., Bernardello, R., Sanchez-Cabeza, J. A., Ruiz-Fernández, A. C., Alonso-Rodríguez, R., & Cruzado, A. (2014). Thermal Impact from a Thermoelectric Power Plant on a Tropical Coastal Lagoon. *Water, Air, & Soil Pollution*, 226(1). doi:10.1007/s11270-014-2202-8
- Catenaccio, A., Daruich, Y., Magallanes, C. (2003) Temperature dependence of the permittivity of water, *Chemical Physics Letters*. 367, 669–671.
- Massel, S.R. (2015). *Internal Gravity Waves in the Shallow Seas*, Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-18908-6>.
- McQuarrie, D.A., Simon, J.D. (1997). *Physical Chemistry: A molecular approach*, Sterling Publishing Company.
- Millero, F. J. (1995). Thermodynamics of the carbon dioxide system in the oceans. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 59(4), 661–677. doi:10.1016/0016-7037(94)00354-o

# IMPLEMENTACIÓN DE VALORACIONES POR TITULACIÓN VOLUMÉTRICA COMO EJERCICIOS DOCENTES DE QUÍMICA ANALÍTICA EN LA FES CUAUTITLÁN. MICROESCALA VS. INSTRUMENTAL PROFESIONAL

*Alan Alejandro Icaza Mendoza<sup>1</sup>, Samuel Alejandro Carrasco Alonso<sup>1</sup>, Alejandro Baeza Reyes<sup>2</sup>, Arturo de Jesús García Mendoza\*<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>FES Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, [315292037@cucutitlan.unam.mx](mailto:315292037@cucutitlan.unam.mx)  
[samuelcarax@gmail.com](mailto:samuelcarax@gmail.com), [arturogm@unam.mx](mailto:arturogm@unam.mx)

<sup>2</sup>Facultad de Química, Universidad Nacional Autónoma de México, [baeza@unam.mx](mailto:baeza@unam.mx)

## Resumen

Se realizó un compendio de ensayos representativos en la docencia de la Química Analítica en disolución acuosa, usando, tanto equipo construido con materiales de bajo costo en condiciones de microescala, como instrumental profesional en escala convencional. Los resultados obtenidos durante las valoraciones por titulación volumétrica con monitoreo potenciométrico y las lecturas de potencial de circuito abierto, fueron comparadas cuando se usaron estas dos escalas de trabajo. Los ensayos modelo se eligieron de acuerdo con la complejidad del medio de reacción. El objetivo del trabajo radica en mostrar que los modelos de reactividad química en disolución acuosa funcionan de tal manera que la cantidad o volumen del analito y del valorante no son decisivos siempre y cuando se encuentren en intervalos razonablemente manejables. El compendio de experimentos con sus respectivos tratamientos de datos, análisis y comentarios, se proponen como un complemento en la enseñanza de la Química Analítica en la FES Cuautitlán.

**Palabras clave:** microescala, química analítica, docencia.

---

## Antecedentes

La química analítica es el área teórico práctica encargada de explicar las reacciones que ocurren en un sistema planteado y controlado por el analista. Fundamentada en el método científico, se plantea un proceso analítico a seguir dependiendo de la especie de interés y la matriz en la que se encuentren. Éste comienza con la revisión en la literatura para conocer las condiciones de pretratamiento o condiciones específicas de análisis; hasta la manipulación y estudio de la muestra, para finalizar con el informe adecuado de los resultados obtenidos.

En la formación del alumnado de la carrera de químico es común que se proporcione instrumental profesional de vidrio y que se les adiestre en la preparación de disoluciones de volúmenes mayores a 50 mL; sin embargo, esto representa a un elevado costo a largo plazo en lo que respecta a costo de materiales, disolventes y reactivos empleados, sin mencionar las grandes cantidades de desechos generados, almacenamiento, disposición y eventual tratamiento.

Es por ello que la química a microescala es una alternativa interesante a la metodología convencional docente. La microescala es entendida como el conjunto de técnicas que buscan reducir a la mínima escala los componentes usados comúnmente para obtener resultados estadísticamente equivalentes sin perder el fundamento del concepto ilustrado. Entre los beneficios de realizar actividades experimentales docentes con materiales de bajo costo en condiciones de microescala están la reducción en el consumo de reactivos y la disminución de la generación de residuos; menores costos y riesgos de operación; un mantenimiento rápido, eficiente y autónomo; y una igualdad de contexto operacional pues el alumnado operará su propio equipo y obtendrá sus propios datos sin la necesidad de ser espectadores del manejo de un equipo profesional del que, en ocasiones, sólo se tienen uno por laboratorio. Algunos materiales empleados para la construcción de estos equipos a microescala son alambre de cobre, madera, jeringas de volúmenes variados, celdas de plástico y multímetros comerciales, todos estos materiales son de adquisición local.

## Objetivo

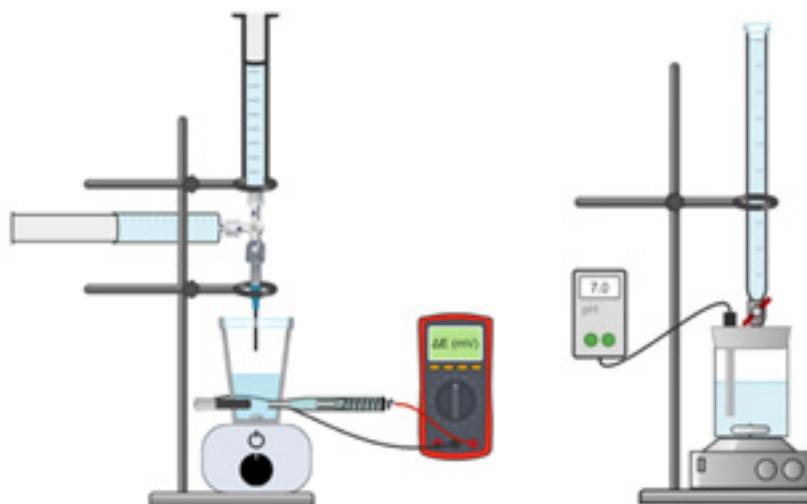
Mostrar una serie de experimentos que describan los temas representativos en la docencia de la Química Analítica en disolución acuosa a nivel licenciatura, mediante el uso de equipo a microescala construido con materiales de bajo costo y de adquisición local, así como con instrumentación profesional a escala convencional; para comparar los resultados entre ambos contextos y comparar su equivalencia estadística. Los resultados obtenidos serán compilados en un manual de prácticas basado en un modelo de reactividad química de intercambio particular en un texto para la práctica docente.

## Parte experimental

**Equipo:** En los ensayos realizados a microescala se ocupó un vaso comercial de jara-be de 15 mL con horadaciones para colocar un electrodo indicador a base de la inter-fase  $W^0 | WO_{3(s)}$ , así como un electrodo de referencia a base de la interfase  $Cu^0 | Cu^{2+} ||$ . Estos electrodos han sido caracterizados por nuestro grupo de trabajo y se han cons-truido con materiales locales (García-Mendoza y Aguilar-Cordero, 2019). Éstos se conectaron mediante cables caimán–banana a un multímetro comercial para evaluar el potencial de electrodo.

Con ayuda de una jeringa de insulina se añadió una alícuota de 0.5 mL del analito en estudio dentro de la celda potenciométrica y se añadió agua destilada c.b.p. 5 mL. El sistema se selló con Parafilm®.

La microbureta se construyó con una jeringa de vidrio de 1.00 mL (graduación mí-nima de 0.02 mL), una llave de plástico de tres vías y una aguja para jeringa sin bisel. La microbureta fue llenada con disolución titulante contenida en una jeringa de 5 mL colocada perpendicularmente a la llave de tres vías, a la aguja y al reservorio graduado y que fue transferida a la jeringa de vidrio de 1.00 mL mediante la manipulación con-veniente de la llave de tres vías. El volumen de aire contenido en la aguja sin bisel fue pur-gado con la misma disolución valorante usando esta misma manipulación (Figura 1).



**Figura 1.** Esquematación del equipo utilizado para las valoraciones volumétricas con seguimiento potenciométrico en condiciones de microescala (izquierda) y escala convencional (derecha).

Para el caso del análisis con instrumental profesional se tomaron alícuotas de 10.0 mL (usando pipetas volumétricas) de la disolución de analito y se adicionó un volumen de agua c.b.p. 30.0 mL.

Se utilizó una bureta de vidrio Pyrex<sup>®</sup>, con un volumen total de 25.00 mL (graduación mínima de 0.05 mL). Ésta se llenó al aforo con la disolución del valorante para hacer adiciones en incrementos de 0.05 mL hasta llegar a un volumen añadido total de 20.00 mL. El valor del pH se colectó, tras 5 segundos, usando un electrodo combinado de vidrio marca Corning<sup>®</sup> Modelo 476044, conectado a un potenciómetro Thermo Scientific<sup>®</sup> modelo Orion Dual Star. La calibración previa se llevó a cabo con disoluciones amortiguadoras comerciales de pH 4.01, 7.00 y 10.01.

**Reactivos:** hidróxido de sodio, NaOH<sub>(s)</sub> (como patrón secundario y para la elaboración de disoluciones buffer), ftalato de potasio, KHBf<sub>(s)</sub>, (como patrón primario), HCl<sub>(conc)</sub> (para la elaboración de disoluciones buffer), tres disoluciones buffer comerciales: J.T. Baker. Buffer solution (Biphthalate), pH 4.01 (color coded red), J.T.Baker. Buffer solution (Phosphate), pH 7.01 (color coded yellow), J.T.Baker. Buffer solution (Borate), pH 10.01 (color coded blue).

## Diseño experimental

**Potencial a circuito abierto (Open Circuit Potential, por sus siglas en inglés, OCP):** Se tomaron alícuotas de 5.0 mL de diversas disoluciones amortiguadoras de pH, resumidas Tabla 1.

Tabla 1. Características de disoluciones usadas para el arreglo de celda  $Cu^0|Cu^{2+}||muestra||WO_{3(s)}|W^0$

Identificador de marcador	Disolución	pH
Azul	HCl	1.01
Rojo	Buffer estándar de HBF <sub>4</sub> /BF <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	4.00
Amarillo	Buffer estándar de H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> /HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	7.01
Verde	Buffer estándar de H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> /B(OH) <sub>4</sub> <sup>-</sup>	10.02
Naranja	NaOH	13.03

Se llevó a cabo la lectura del OCP de cada disolución cada 30 segundos, durante un periodo total de adquisición de 5 minutos. Se evaluaron dos condiciones para las curvas de calibrado; la primera de ellas en orden ascendente de valores de pH; y la segunda, en orden aleatorio de estas disoluciones. Esta planeación pretende identificar posibles fenómenos de histéresis.

**Valoraciones por titulación volumétrica ácido – base:** Se tomaron alícuotas de 0.5 mL de una disolución de biftalato de potasio de concentración analítica  $C_0=0.0999$  mol L<sup>-1</sup> para los ensayos a microescala; mientras que una alícuota de 10.0 mL fue utilizada para los análisis a escala convencional. Se añadió hidróxido de sodio siguiendo el planteamiento descrito en la sección anterior con el objetivo de obtener los datos para elaborar las curvas de titulación.

### Tratamiento de datos:

**Potencial a circuito abierto (Open Circuit Potential, por sus siglas en inglés, OCP):** Para obtener la eficiencia electromotriz de la celda se realizó una curva de calibración con el valor promedio de las mediciones de potencial de electrodo *vs.* los valores de pH de cada disolución. La ecuación de la recta sigue el arquetipo de la ecuación de Nikolsky e incluye el porcentaje de eficiencia electromotriz de la celda,  $\beta\%$ .

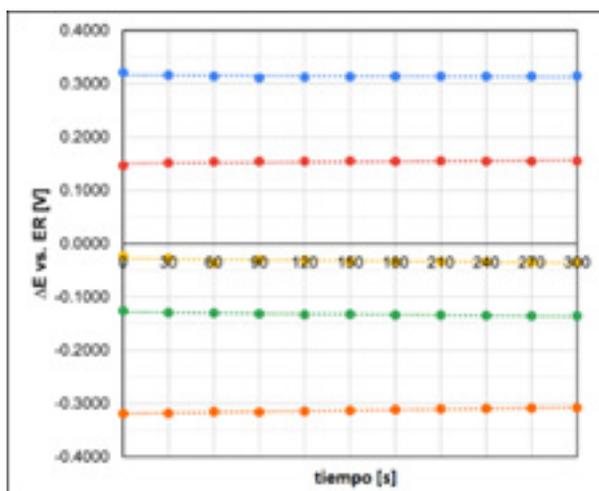
**Valoraciones por titulación volumétrica ácido – base:** Se propone una variedad de métodos de análisis de datos, que incluyen métodos algebraicos como la primera y segunda razón de cambio; además de métodos químicos como las funciones de Gunnar Gran y una ecuación polinómica deducida a partir del balance de electroneutralidad (Figura 2). Estos últimos se basan en la consideración de un modelo de reactividad de intercambio particular entre donadores y receptores, manejo de constantes de equilibrio, equilibrios representativos y generalizados (Baeza, 2011; Baeza & García-Mendoza, 2021). Con ellos se busca determinar la concentración de la base en cada caso para obtener un promedio general.

Primera razón de cambio	$\frac{\Delta pH}{\Delta V} = \frac{pH_2 - pH_1}{V_2 - V_1}$
Segunda razón de cambio	$\frac{\Delta pH^2}{\Delta^2 V} = \frac{pH_2^2 - pH_1^2}{V_2 - V_1}$
Gunnar Grann APE	$V 10^{-pH} = K_{a2} \frac{CoVo}{C} - K_{a1} V$
Gunnar Grann DPE	$\frac{10^{pH}(V + V_{H2O} + Vo)}{C} = \frac{1}{K_w} V - \frac{CoVo}{CK_w}$
Balance de electroneutralidad	$[H^+] + [Na^+] + [K^+] = [HO^-] + [Hbf^-] + 2[Bf^{2-}] + 2[CO_3^{2-}] + [HCO_3^-]$
Ecuación del polinomio sin segmentación	$V = \frac{(Vo + V_{H2O})([HO^-] - [H^+]) + CoVo(\phi_1 + 2\phi_0 - 1)}{C_B + [H^+] - [HO^-] - C_B \times f_{cot} \times (2\phi_0^+ + \phi_1^+)}$

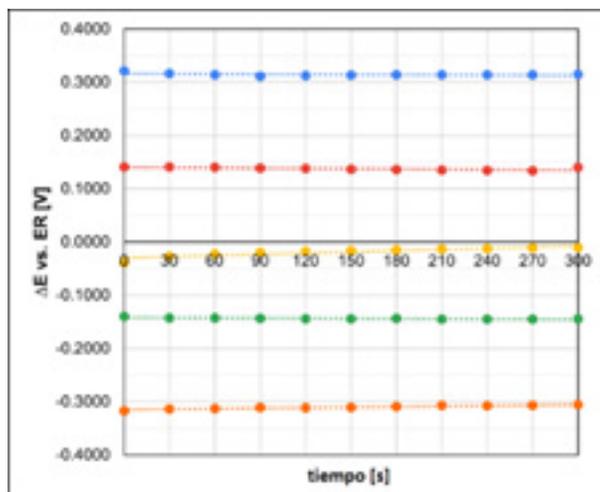
**Figura 2.** Resumen de los métodos de análisis empleados para el tratamiento de datos potenciométricos de la estandarización de hidróxido de sodio con biftalato de potasio. **Resultados y discusión**

## Resultados y conclusión

La Figura 3 y Figura 4 muestran las lecturas del OCP para la celda  $Cu^0 | Cu^{2+} |$  muestra  $| WO_{3(s)} | W^0$  con el propósito de caracterizarla y usarla como una alternativa al electrodo combinado de vidrio. Se observa una respuesta diferenciada de la celda para los diferentes valores de pH de amortiguamiento de las disoluciones. No se observan fenómenos de histéresis asociadas a la forma en la que se determina el potencial de electrodo.



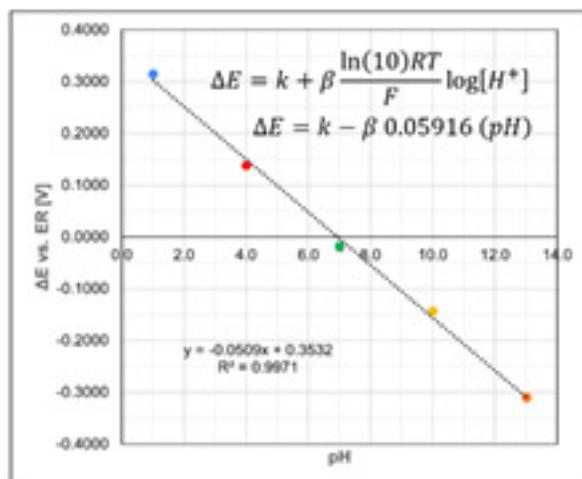
**Figura 3.** Variación del OCP de la celda a microescala  $\text{Cu}^0|\text{Cu}^{2+}||\text{muestra}|\text{WO}_{3(s)}|\text{W}^0$ . Medición en orden ascendente de pH



**Figura 4.** Variación del OCP de la celda a microescala  $\text{Cu}^0|\text{Cu}^{2+}||\text{muestra}|\text{WO}_{3(s)}|\text{W}^0$ . Medición azarosa.

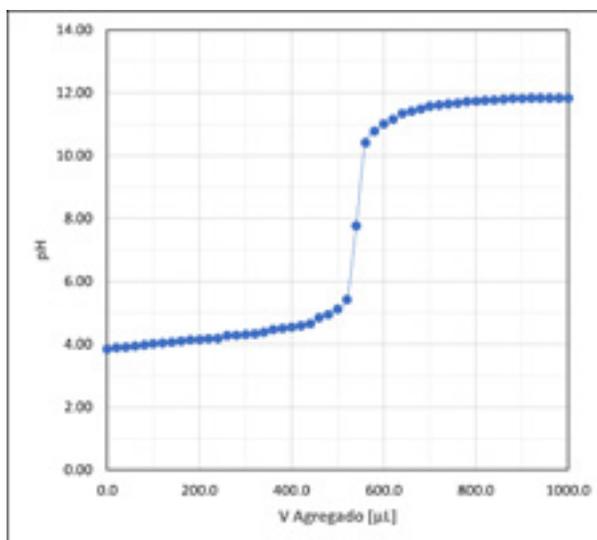
No existen derivas de potencial significativas durante la adquisición de datos, como se puede observar en los valores de la desviación estándar de cada punto presentado en la curva de calibrado de la Figura 5 en donde se obtiene una relación lineal que describe se ajusta a una ecuación de Nikolsky, con un valor de  $r^2=0.9971$  y una eficiencia del 86.04%. Si bien, esta eficiencia es lejana a la esperada para un electrodo combinado de vidrio, en donde el reconocimiento hacia el ion hidronio está dado por procesos de intercambio iónico y por el transporte del  $\text{Na}^+$  por los defectos cristalinos del vidrio (Bard & Faulkner, 2000), en la interfase  $\text{W}^0|\text{WO}_{3(s)}$  la hidratación parcial de los óxidos

de wolframio permite el reconocimiento hacia el  $H^+$  y este proceso depende de la calidad del recubrimiento de la capa de óxidos (Drenler et al., 2014).



**Figura 5.** Curva de calibración para la celda a microescala  $Cu^0|Cu^{2+}||muestra|WO_{3(s)}|W^0$ .

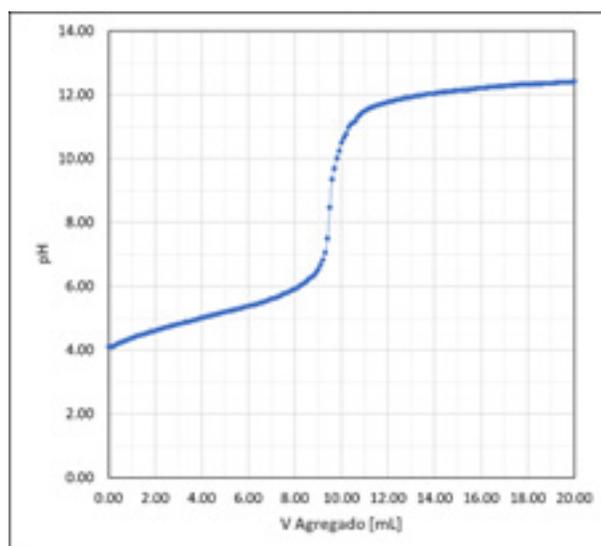
Se realizaron por triplicado las curvas de titulación ácido-base usando biftalato de potasio e hidróxido de sodio. La Figura 6 presenta el perfil típico usando la celda  $Cu^0|Cu^{2+}||muestra|WO_{3(s)}|W^0$  en condiciones de microescala. Los valores de pH mostrados fueron obtenidos tras evaluar los valores de potencial de electrodo medidos con la ecuación de Nikolsky obtenida durante el calibrado.



**Figura 6.** Curva de titulación de una alícuota de 0.5 mL de  $KHBF_4$ ,  $C = C_0 = 0.0999 \text{ mol L}^{-1}$  con NaOH en condiciones de microescala.

Obsérvese la definición de las zonas de amortiguamiento dadas por los pares conjugados  $\text{HBF}/\text{BF}_2^-$  y  $\text{H}_2\text{O}/\text{OH}^-$  respectivamente y la inflexión característica del punto de equivalencia. El uso de una microbureta de 1.00 mL minimiza el área de la interfase aire – disolución, por lo que se reduce el riesgo de la carbonatación del hidróxido de sodio.

La Figura 7 muestra el perfil de la curva de titulación del mismo sistema usando un electrodo combinado de vidrio e instrumentación convencional.



**Figura 7.** Curva de titulación de una alícuota de 10.0 mL de  $\text{KHF}_2$ ,  $C = C_0 = 0.0999 \text{ mol L}^{-1}$  con  $\text{NaOH}$  usando instrumentación a escala convencional.

Cada registro gráfico corresponde al promedio de los datos tomados durante tres repeticiones. No existen diferencias entre el comportamiento químico observado ni durante el tiempo de respuesta de los electrodos usando el sistema convencional y a condiciones de microescala.

Las concentraciones obtenidas después del tratamiento de datos se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Concentración de hidróxido de sodio obtenida por diversos métodos en unidades mol L<sup>-1</sup>

Método	Microescala	Convencional
1° Razón C	0.0908	0.1063
2° Razón C	0.0925	0.1063
Gunnar Gran	0.0903	0.1054
Polinomio	0.0920	0.1091
Promedio	0.0914	0.1068
Desv. Est.	0.0010	0.0016

Las concentraciones obtenidas son similares y las diferencias se asocian a la incertidumbre expandida que provienen de los equipos de bajo costo empleados para la toma de las alícuotas de las disoluciones.

### **Análisis de dureza en muestras de agua**

Se usó como patrón secundario una disolución de EDTA de concentración analítica  $C_0=0.0994$  mol L<sup>-1</sup> y una muestra de agua analizada tomada del flujo de toma pública de un domicilio en la alcaldía de Iztapalapa, Ciudad de México. La muestra en condiciones de microescala se tomó con una pipeta volumétrica de 50.0 mL; mientras que a escala convencional, de 100.0 mL. En ambos casos se adicionó una cantidad de 3 mL y 10 mL respectivamente de una disolución buffer de  $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$  a  $C_1=2$  mol/L<sup>-1</sup> y pH=9.5. y una pequeña cantidad de indicador negro de eriocromo T, NET. Se llevó a cabo una valoración volumétrica con seguimiento visual del volumen del punto final, caracterizado por un cambio del color del indicador de tono rosa tenue a azul cielo.

### **Estandarización de tiosulfato de sodio para su uso como patrón secundario en experimentos de tipo redox ulteriores**

Se usó como patrón secundario una disolución de permanganato de potasio de concentración analítica  $C_2=0.0034$  mol L<sup>-1</sup>. La alícuota de la disolución permanganato

empleada en cada metodología se preparó de la siguiente manera:

- Microescala: 1 mL ácido acético glacial, 0.5 mL de la disolución de  $\text{KMnO}_4$ , 5 mL agua destilada, 10 mg KI y 1 gota de indicador de almidón.
- Escala convencional: 2 mL ácido acético glacial, 10 mL de la disolución de  $\text{KMnO}_4$ , 18 mL agua destilada, 200 mg KI y 4 gotas de indicador de almidón.

Las disoluciones fueron guardadas en la oscuridad para la formación *in situ* del yodo yodurado (debido a la oxidación del yodo y la eventual reducción del  $\text{MnO}_4^-$ ). Se preparó una disolución de tiosulfato de sodio de concentración  $C_3=0.02 \text{ mol L}^{-1}$ , que se colocó posteriormente en la bureta. La valoración volumétrica se llevó a cabo con monitoreo visual del volumen del punto final al presentarse un cambio en el color del indicador, de azul a transparente.

Los resultados obtenidos en ambos experimentos se muestran en la Tabla 3.

No se observan diferencias entre las determinaciones de un mismo contexto y las que existen entre éstos no son significativas.

**Tabla 3.** Resultados de experimentos adicionales,  $n=5$ .

Análisis de dureza de una muestra de agua potable en ppm de minerales.		Concentración de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_2$ en unidades mol L-1.	
Microescala	Escala convencional	Microescala	Escala convencional
124.77	136.47	0.0164	0.0182
124.77	136.47	0.0157	0.0181
124.77	136.47	0.0164	0.0185
124.77	136.47	0.0164	0.0182
124.77	136.47	0.0164	0.0181

## Productos Docentes

Cabe resaltar que esta selección de ensayos forma parte de un denso material de apoyo que se presentará al claustro de profesores de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán a manera de una tesis de licenciatura. Se ofrece este material para que pueda ser considerado como un manual de prácticas o experiencias de cátedra. Evaluaciones previas en grupos piloto y en otros contextos de experimentación han mostrado re-

sultados favorables en la asimilación de conceptos, aplicación y resolución de problemas químicos en el alumnado en más de 20 años de investigación docente en nuestro grupo de trabajo (García-Mendoza et al., 2013).

## Conclusiones

Los resultados obtenidos trabajando con equipo construido con materiales de bajo costo en condiciones de microescala permiten la ejecución de ensayos en un contexto de igualdad, integración e inventiva. La metodología planteada representa un complemento de bajo costo para la enseñanza de la Química Analítica, sin llegar a sustituir la enseñanza con instrumentación profesional a escala convencional. Los resultados entre estos contextos de trabajo son equivalentes.

Los métodos de análisis de datos propuestos son viables porque cada alumno podrá ser capaz de obtener sus propios datos y evaluar, en un ejercicio de reflexión ulterior, la correcta o incorrecta manipulación de los equipos, las magnitudes capturadas y la importancia de los componentes que, en la instrumentación convencional profesional, pueden llegar a ser cajas negras. Los alumnos, ejecutores de los ensayos presentados, indican que las técnicas a microescala refuerzan los conocimientos y la comprensión de los conceptos por parte del analista durante y después de la operación analítica.

Entre una de las grandes ventajas que representa trabajar la química a una escala menor es la disminución drástica en el consumo de reactivos y la generación de desechos, reforzando en el alumnado la conciencia ecológica.

## Agradecimientos

Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE203522.

## Referencias

- Baeza, A. (2011). *Química Analítica. Expresión Gráfica de las reacciones químicas*. S y G.
- Baeza, A. y García-Mendoza, A. (2021). *Química Analítica I-II-III. Principios y operaciones analíticas*. Cruz Ulloa Alejandro (978-607-99579).
- Bard, A. J., Faulkner, L. R. (2000). *Electrochemical Methods*. Wiley.
- Drenslar, S., Walkner, S., Mardare, C. C. Hassel, A. W. (2014). On the pH-sensing properties of differently prepared tungsten oxide films. *Physica Status Solidi A*, 211(6), 1340–1345. <https://doi.org/10.1002/pssa.201330376>
- García-Mendoza, A., Aguilar-Cordero, J. C. (2019). Silver(I) chlorides speciation and its relationship to the design, construction and evaluation of true Ag(s)/[AgCl<sub>n</sub>]<sup>1-n</sup> reference electrodes for their use in bis(trifluoromethylsulfonyl)imide room temperature ionic liquids. *Electrochimica Acta*, 302, 344–351. <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2019.02.029>
- García-Mendoza, A., Baeza, A., Vierna, L. (2013). Microscale Analytical Potentiometry: Experimental Teaching with Locally Produced Low-Cost Instrumentation. *Journal of Modern Education Review*, 3(5), 407–415.

# ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES ORGÁNICOS PERSISTENTES EN AGUAS RESIDUALES MEDIANTE UN PROCESO ELECTRO- FENTON DE CARBÓN

*Cinthia Michelle Beristain Cuahua, María Sherlyne Martínez Miranda, Moisés Amado Cabrera Cruz, Deyanira Martínez Romero, Juan Manuel Padilla Flores*

<sup>1</sup>Ingeniería en Nanotecnología, Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz, [20183g101144@utcv.edu.mx](mailto:20183g101144@utcv.edu.mx), [20193j1010008@utcv.edu.mx](mailto:20193j1010008@utcv.edu.mx), [20193j1010121@utcv.edu.mx](mailto:20193j1010121@utcv.edu.mx), [20193j101002@utcv.edu.mx](mailto:20193j101002@utcv.edu.mx), [juan.padilla@utcv.edu.mx](mailto:juan.padilla@utcv.edu.mx)

## Resumen

El proceso de Electro-Fenton es uno de los más populares y útiles con algunas ventajas, tales como baja generación de lodos, alta eficiencia de eliminación de contaminantes. Es necesaria la búsqueda de técnicas de bajo costo de inversión y bajo consumo energético que solucionen de forma óptima este problema. El prototipo está formado por una base de *Bambusoideae*, en el interior contiene compartimentos cargados con zeolita, piedra de Maifan, resina modificada y carbón granular, estos siendo separados con telas de carbón, además la parte inferior contiene carbón activado en polvo (CAP) y la parte superior del centro con carbón granular (CAG), además de un electrodo de referencia Ag/AgCl, saturado para realizar los ensayos electroquímicos. Se midió el poder de degradación del prototipo con muestras de aguas residuales tanto con el proceso electro-Fenton como sin este, se presentan los resultados obtenidos del sistema electro-Fenton formado con diferentes compartimentos cargados con resina, se siguen realizando investigaciones que prevé que el prototipo elimina contaminantes emergentes en aguas residuales.

**Palabras clave:** *Bambusoideae*, CAG, GAP, Electro- Fenton, Prototipo

## Antecedentes

El tratamiento con carbón activado en plantas de tratamiento de agua suele instalarse para eliminar los compuestos orgánicos naturales, los compuestos de sabor y olor y los productos químicos orgánicos sintéticos. La adsorción con carbón activado une físicamente las moléculas de la fase gaseosa o líquida a la superficie de este. Los procesos de adsorción comúnmente usados llevan CAG Carbón activado granular y CAP Carbón activado en pellet (pellet). El carbón activado es un adsorbente efectivo porque es un material altamente poroso y proporciona una gran superficie a la que los contaminantes pueden adherirse químicamente. El uso más común es en columnas de lecho para agua de procesos de filtración o pretratamiento de membranas de ósmosis inversa para adsorber. Debido a que este tipo de columna GAC se utiliza en un modo de adsorción de compuestos orgánicos, el carbón puede ser regenerado o reemplazado periódicamente mediante un proceso de reactivación una vez agotado (Carbotecnia, 2021).

Recientemente han surgido los llamados Procesos de Oxidación Electro Avanzados, los cuales se basan en la generación electroquímica del radical hidroxilo, que puede reaccionar no selectivamente con la mayoría de los compuestos orgánicos hasta su mineralización a CO<sub>2</sub>, agua e iones inorgánicos. El proceso de Electro-Fenton es uno de los más populares y útiles con algunas ventajas tales como baja generación de lodos, alta eficiencia de eliminación de contaminantes. Este proceso de electro-Fenton implica la generación catódica inicial de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y/o producción anódica de sacrificio de Fe (II). Por otra parte, Fe (II) puede ser regenerado a través de la reducción de Fe (III) en el cátodo que asistirá a la función catalizadora de hierro en el proceso. Además, el radical puede ser producido directamente por la oxidación del agua en el ánodo. se utilizan diversos materiales para la electrogeneración del peróxido de hidrogeno y la producción de radicales hidroxilos, entre los cuales destacan el platino, diamante dopado con boro, grafito y acero inoxidable como materiales de ánodo y como materiales de cátodo se ha reportado el uso de membranas de carbono, grafito, óxidos de hierro/nanotubos de carbón, hierro, esponja de carbón entre otros. Hace algún tiempo se viene proponiendo el uso de carbón activado como material catódico en reactores electro-Fenton, así como ánodos de acero inoxidable y titanio. Sin embargo, la mayoría de los autores se limitan a reportar el mecanismo de oxidación y las posibles rutas de degradación de un contaminante en particular (Rodríguez et al., 2020).

Los principales agentes contaminantes de las aguas son las aguas residuales, petróleo, sustancias radiactivas, minerales inorgánicos y compuestos químicos. Las aguas residuales contienen mayormente materias orgánicas que precisan oxígeno, son por tanto un agente desoxigenador del agua cuando entran en descomposición, que generan además olores desagradables (Estrucplan, 2021).

Se han realizado estudios de eliminación de contaminantes emergentes mediante coagulación/floculación. Se adicionan a las aguas agentes químicos que actúan como coagulantes o floculantes con el fin de causar la desestabilización de las partículas coloidales permitiendo su agregación, seguida de la sedimentación de los mismos. Los agentes químicos más empleados son aluminio, sales de hierro y polímeros. Los procesos de adsorción son una de las técnicas más estudiadas para el tratamiento de aguas, especialmente para la eliminación de contaminantes orgánicos. Es por ello que también han sido ampliamente estudiados para su aplicación en la eliminación de contaminantes emergente. Los adsorbentes más empleados son los carbones activos: carbón activo granular (GAC) o carbón activo en polvo (PAC), su principal ventaja es que no generan productos tóxicos y poseen una elevada capacidad de adsorción. La eficacia de adsorción es función de las propiedades del adsorbente empleado área superficial, morfología y química superficial. Existen además otros estudios empleando otro tipo de adsorbentes, como zeolitas o nanotubos de carbono, también se han empleado para la eliminación de contaminantes emergentes en tecnologías de las membranas, tales como nanofiltración (NF) y ósmosis inversa (RO), resultandos eficaces para algunos de los microcontaminantes que se resisten a los métodos convencionales, ya que presentan buenas retenciones para compuestos orgánicos (Patiño et al., 2014). Los procesos electro-Fenton utilizan diversos materiales para la electrogeneración del peróxido de hidrogeno y la producción de radicales hidroxilos, entre los cuales destacan el platino, diamante dopado con boro, grafito y acero inoxidable como materiales de ánodo y como materiales de cátodo se ha reportado el uso de membranas de carbono, grafito, óxidos de hierro/ nanotubos de carbón, hierro, esponja de carbón entre otros. Hace algún tiempo se viene proponiendo el uso de carbón activado como material catódico en reactores electro-Fenton, así como ánodos de acero inoxidable y titanio. Sin embargo, la mayoría de los autores se limitan a reportar el mecanismo de oxidación y las posibles rutas de degradación de un contaminante en particular (Rodríguez et al., 2020).

## Objetivo

Eliminar simultáneamente contaminantes de compuestos orgánicos solubles mediante el proceso de Electro-Fenton con ayuda del carbón activado granulado.

## Parte experimental

El proceso electro-Fenton ha sido utilizado en la degradación de distintos compuestos orgánicos, entre ellos están compuestos fenólicos, pesticidas, herbicidas, lixiviados y colorantes sintéticos. Estos últimos son de especial atención ya que una disposición inapropiada de este tipo de colorantes resulta en la contaminación de distintas matrices tales como aguas superficiales, subterráneas y suelos. Debido a su resistencia a la degradación biológica (Fernandez, 2016).

## Preparación y modificación del carbón activado granular

El carbón activado fue tratado con ácido fosfórico a temperatura promedio de 600°C. A este carbón, se le realizaron distintos tratamientos de limpieza superficial y eliminación de posibles restos de sales dentro de los poros, así como para lograr una modificación de los grupos funcionales superficiales (Fernandez, 2016). Para realizar las mediciones de la cantidad de hierro en el efluente del prototipo, se llevaron a cabo experimentos durante 3 horas a los valores de pH antes mencionados.

## Caracterización y preparación de la resina de intercambio iónico

Para realizar los experimentos la resina utilizada fue la resina de intercambio catiónico fuerte a esta resina se le realizaron tratamientos previos y fue modificada para su posterior uso (Fernandez, 2016).

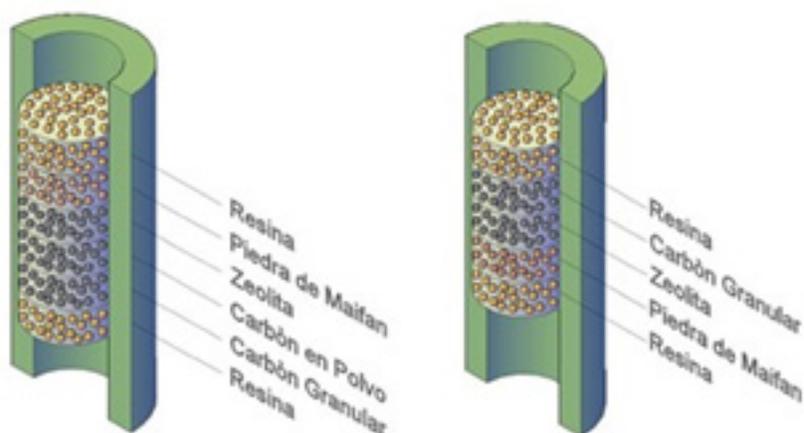
## Construcción del dispositivo para realizar los experimentos

En los experimentos se utilizaron dos configuraciones de trabajo, tal y como se muestra en la Figura 1:

a) En la primera configuración se usó el siguiente orden: Resina, piedra de Maifan,

zeolita, carbón en polvo, carbón granular y resina.

b) En la segunda configuración se utilizó resina, carbón granular, zeolita, piedra de Maifan y resina.



**Figura 1** Configuraciones utilizadas para los experimentos a) izquierda b) derecha

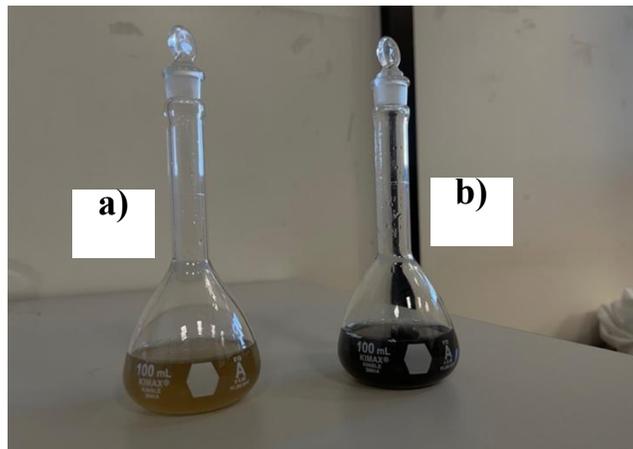
Para llevar a cabo la preparación de la resina intercambiada con hierro la cual funcionó como donador de estos iones, se activó con una disolución al 5% de  $H_2SO_4$  durante una hora de acuerdo con trabajos anteriores. A continuación, el intercambio de la resina se realizó con una disolución de sulfato de hierro 0.2 M durante 50 min utilizando agitación continua. La preparación de la resina intercambiada con sodio la cual funcionó como receptor de iones de hierro y protones, se hizo a través del contacto de la resina con una disolución de NaOH al 5% durante una hora con agitación continua. Después de los tratamientos anteriores ambas resinas se enjuagaron con agua destilada y se pusieron a secar durante 10 horas a  $75^\circ C$ . La resina intercambiada con sodio y hierro.

### Preparación y modificación del carbón activado

El carbón activado primero fue tratado con una disolución de HCl 0.01 M por 20 minutos para eliminar cualquier resto de sales que pudiera haber quedado dentro de sus poros. Después fue modificado con una disolución de  $HNO_3$  al 10 % por 15 horas para lograr una adecuada modificación superficial y conseguir cierta conductividad en el mismo.

## Resultados y discusiones

Se elaboraron 2 prototipos con los que se logró medir el poder de degradación, los cuales se muestran en la figura 2. Donde se observa el agua filtrada con o sin el proceso electro-fenton. En a) se logra observar que el agua fue ligeramente tratada con el prototipo, en el cambio la b) es la muestra in-situ del agua residual.



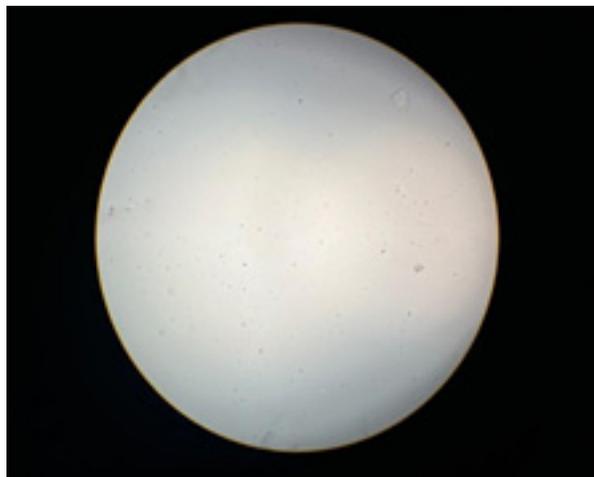
**Figura 2** Muestras de agua filtrada a) Con el proceso Electro-Fenton, b) sin el proceso Electro-Fenton

En la figura 3 se observa la muestra de agua residual (In-situ) sin el proceso electro-Fenton sobre el microscopio, se logra observar que aún hay presencia de microorganismos patógenos.



**Figura 3.** Muestra de agua residual (in-situ) sobre el microscopio.

En la figura 4, se observa la muestra del primer prototipo sin el proceso electro-Fenton, sobre el microscopio se logra observar que aún hay presencia de microorganismos patógenos.



**Figura 4.** Muestra sobre el microscopio del primer prototipo

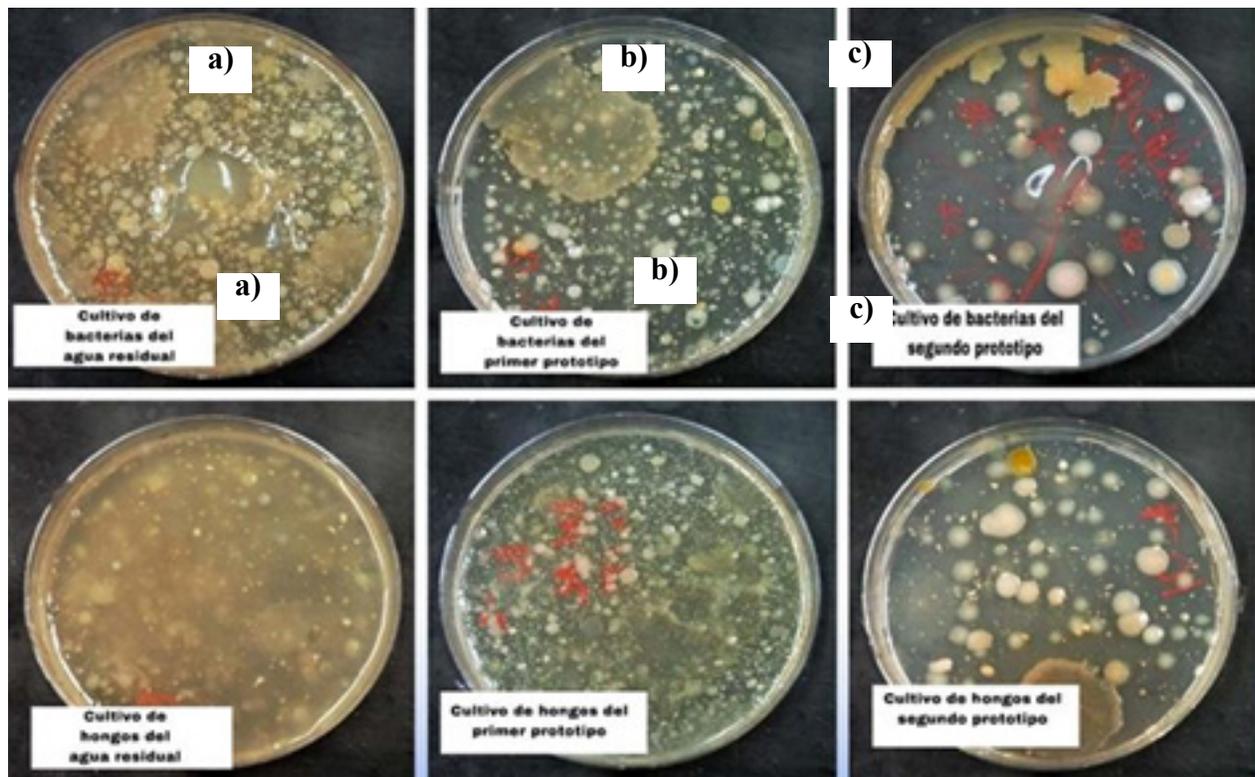


**Figura 5** Muestra sobre el microscopio del segundo prototipo

En la figura 5, se observa la muestra del segundo prototipos con el proceso electro-Fenton sobre el microscopio, se logra observar que hay una disminución de microorganismos patógenos, pero aún se lograr observar presencia de algunos.

En la figura 6, se observa los medios de cultivos de las diferentes muestras del pro-

totipo, como se observa en el a) se observa el medio del cultivo del agua residual de la muestra *in-situ*, se observa la presencia de microorganismos patógenos, en el b) se observa los medios de cultivo del primer prototipo con el proceso electro-Fenton se logra observar que hay presencia de microorganismos patógenos, C) se observa los medios de cultivo del segundo prototipo con el proceso electro-Fenton, se logra observar que hay presencia de microorganismos patógenos



**Figura 6** Medios de cultivos de las diferentes muestras del prototipo

## Conclusiones

Mediante las pruebas realizadas a los distintos tratamientos de agua, podemos observar cierta mejoría con respecto a las anteriores muestras, lo que implica que el filtrado se realiza de manera correcta, además de que podemos observar la reducción de contaminantes en el agua tratada.

## Agradecimientos

Los autores manifiestan su agradecimiento a la Universidad Tecnología del Centro de Veracruz y al Programa educativo de Ingeniería en Nanotecnología Área Materiales, las facilidades para desarrollar los trabajos de experimentación en los laboratorios de esta casa de estudios.

## Referencias

Admin. (2000). *Composición De Las Aguas Residuales*. <https://estrucplan.com.ar/composicion-de-las-aguas-residuales/>

Bañuelos Díaz, J. A. (2015). *Tratamiento de agua contaminada mediante el uso de un electrodo tridimensional de carbón activado y/o modificado con hierro acoplado a un proceso Fenton electroquímico*. [Tesis de doctorado, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica]. [https://cidetec.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/220/1/Tratamiento\\_%20de%20agua%20contaminada%20mediante%20el%20uso%20de%20un%20electrodo%20tridimensional%20de%20carb%C3%B3n%20activada%20o%20modificada%20con%20hierro%20acoplado%20a%20un%20proceso%20fenton%20electroqu%C3%ADmico\\_contrase%C3%B1a.pdf](https://cidetec.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/220/1/Tratamiento_%20de%20agua%20contaminada%20mediante%20el%20uso%20de%20un%20electrodo%20tridimensional%20de%20carb%C3%B3n%20activada%20o%20modificada%20con%20hierro%20acoplado%20a%20un%20proceso%20fenton%20electroqu%C3%ADmico_contrase%C3%B1a.pdf)

Barceló, D., y López, M. (2020). Instituto de Investigaciones Químicas y Ambientales. CSIC.

Barceló, D., y López, M., (2021). *Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes*. CSIC Barcelona. [https://fnca.eu/phocadownload/P\\_CIENTIFICO/inf\\_contaminacion.pdf](https://fnca.eu/phocadownload/P_CIENTIFICO/inf_contaminacion.pdf)

Bernal, V., Giraldo, L., y Moreno, J. (2018). Adsorción de acetaminofén sobre carbones activados a diferente pH. Entalpía y entropía del proceso. *Revista Colombiana de Química*, 47 (2), 54-62.

Callewaert, J. (2014). *CARBONOLOGÍA*. <https://www.desotec.com/es/carbonologia/casos/poros-de-carb-n-activado>.

CEA. (2021). *Cultura del agua. Oaxaca: Crear, contruir y crecer*. Recuperado de <https://www.oaxaca.gob.mx/cea/cultura-del-agua/#:~:text=El%20agua%20es%20el%20fundamento,-valiosos%20que%20es%20preciso%20proteger>.

Condorchem (2021). Absorción en carbón activado para el tratamiento de aguas residuales. México.: Envitech. Recuperado de <https://condorchem.com/es/blog/adsorcion-en-carbon-activado-para-el-tratamiento-de-aguas-residuales/>

Eestrucplan, Contaminación, Efluentes Líquidos y Gaseosos. (1 enero de 2000). *Composición de las aguas residuales*. <https://estrucplan.com.ar/composicion-de-las-aguas-residuales>

- Fernandez Conde, D. (2016). *Estudios de un sistema electro- Fenton basado en el acoplamiento de un lecho empacado de carbón activado y resinas para el tratamiento de aguas residuales*. [Tesis de maestría, Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico en Electroquímica]. <https://cide-teq.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1021/303/1/Estudio%20de%20un%20sist%20ema%20electro- Fenton%20basado%20en%20el%20acoplamiento%20de%20un%20lecho%20empacado%20de%20 carbón%20activado%20y%20resinas%20para%20el%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales .pdf>
- Gil, J., Soto, A., Usma, J. y Gutiérrez O. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Revista Scielo Producción + Limpia*, 7(2), 52-73. <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>
- Janet Gil, M., María Soto, A., Iván Usma, J., & Darío Gutiérrez, O. (2012). *Emerging contaminants in waters: effects and possible treatments Contaminantes emergentes em águas, efeitos e possíveis tratamentos*. 7(2), 52–73. <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>
- LENNTECH, (2021). Necesidad desinfección del agua. South Miami.: *Water treatment solutions*. Recuperado de <https://www.lenntech.es>
- Lima, V. C., Prata, T. S., Landa, G., Yannuzzi, L. A., & Rosen, R. B. (2010). Intravitreal triamcinolone and bevacizumab therapy for combined papillophlebitis and central retinal artery occlusion. *Retinal Cases and Brief Reports*, 4(2), 125–128. <https://doi.org/10.1097/ICB.0b013e3181ad3957>
- Lopez, J., Sánchez, D., y Dolores, J. (1996). *Medio ambiente y nosotros*. MINED. [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PBAAD684.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PBAAD684.pdf)
- Tabti, Z. (2014). *Electroadsorción de plomo sobre carbones activados en diferentes conformaciones: modificación química superficial por métodos electroquímicos* [Universidad de Alicante]. [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/41922/1/tesis\\_zakaria\\_tabti.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/41922/1/tesis_zakaria_tabti.pdf)

# USO DE UN EXTRACTO DE SEMILLA DE AGUACATE PARA LA OBTENCIÓN DE QUITOSANO A PARTIR DE SACCHAROMYCES CEREVISIAE: UNA ALTERNATIVA AMIGABLE CON EL AMBIENTE.

*Abrahan Gonzalo Gordillo Rodríguez, Andrés Portilla Martínez,  
Guillermo Ceballos Reyes, Nayelli Nájera García, Miguel Ángel Ortiz Flores\**

*Laboratorio de Investigación Integral Cardiometabólica, Escuela Superior de Medicina, IPN  
[maortizf03@gmail.com](mailto:maortizf03@gmail.com)*

## Resumen

La obtención de quitosano requiere condiciones específicas que conllevan a un exceso de producción de residuos altamente contaminantes (NaOH), derivado de esto, es necesario encontrar alternativas eco-amigables que permitan obtener quitosano de buena calidad. La alternativa que se propone en el presente estudio es utilizar como fuente de este polímero, el que está contenido en las paredes celulares de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* y las moléculas contenidas en la semilla de aguacate. Los resultados aquí mostrados son: 1) Condiciones óptimas para la obtención del quitosano (tiempo, temperatura, concentración del extracto de aguacate), 2) Rendimiento obtenido bajo las condiciones de estudio (35.95%), 3) Caracterización por espectroscopía de infrarrojo del producto y 4) Cuantificación del producto por curva de ninhidrina. Considerando estos resultados podemos concluir preliminarmente que se ha desarrollado un protocolo amigable con el ambiente para la obtención de quitosano, el cual pretende utilizar productos de desecho para su obtención.

**Palabras clave:** Quitosano, semilla de aguacate, *Saccharomyces cerevisiae*, eco-amigable, acetogeninas, desacetilación.

## Antecedentes

El quitosano es un biopolímero derivado de la quitina con diversas características funcionales que lo destacan de otros compuestos de la misma naturaleza, como lo son: la mucoadhesión, su capacidad hemostática, ser promotor de absorción, la actividad antimicrobiana, entre otras (Salazar, 2013), las cuales le permiten ser utilizado ampliamente en diversas áreas de investigación como la farmacéutica, cosmética, biomédica y agricultura (Sebastian et ál., 2020).

Las principales fuentes de quitosano son los exoesqueletos de especies marinas ricas en quitina especialmente el de los crustáceos; a pesar de ser la mayor fuente de obtención de este polímero, su disposición depende de la localización y temporada para la pesca, así como su adquisición en el mercado. El quitosano se extrae a través de reacciones que requieren condiciones altamente alcalinas y temperaturas elevadas, sin embargo, estos mecanismos a pesar de ser sustentables no son eco-amigables, debido a que conllevan un exceso de producción de residuos altamente contaminantes como NaOH y HCl, los cuales son requeridos para la desacetilación de la quitina (Sebastian et ál, 2020).

Como una alternativa a estos dos problemas derivados de la obtención de quitosano, se ha propuesto en primera instancia utilizar otros organismos como fuente de quitina, por ejemplo las paredes celulares de algunos hongos y levaduras, entre los que destacan la levadura *Saccharomyces cerevisiae*, un organismo inocuo y con amplias facilidades de reproducción y mantenimiento, debido a que su adquisición es sencilla ya que es la materia prima para la producción de diversos productos alimenticios como la cerveza y el pan. Además, esta levadura también constituye un residuo notable en la industria cervecera, produciendo un exceso de biomasa que se puede utilizar como una fuente de extracción de quitosano. (Afroz et ál, 2021).

En segunda instancia, considerando el alto impacto ambiental que implica extraer quitosano por métodos alcalinos, una alternativa viable es utilizar compuestos naturales (acetogeninas) que por sus características estructurales permiten extraer el quitosano de cualquier fuente biológica (al funcionar como compuestos desacetiladores), con el fin de disminuir el grado de contaminación y mantener un quitosano de buena calidad (mayor al 50% de desacetilación) (Gopal et ál. 2019). Las acetogeninas son compuestos con una estructura conformada por cadenas largas de carbono derivadas de ácidos grasos con anillos de tetrahidrofurano, que se encuentran en diversas plantas como metabolitos secundarios; las frutas con mayor contenido de acetogeninas son el

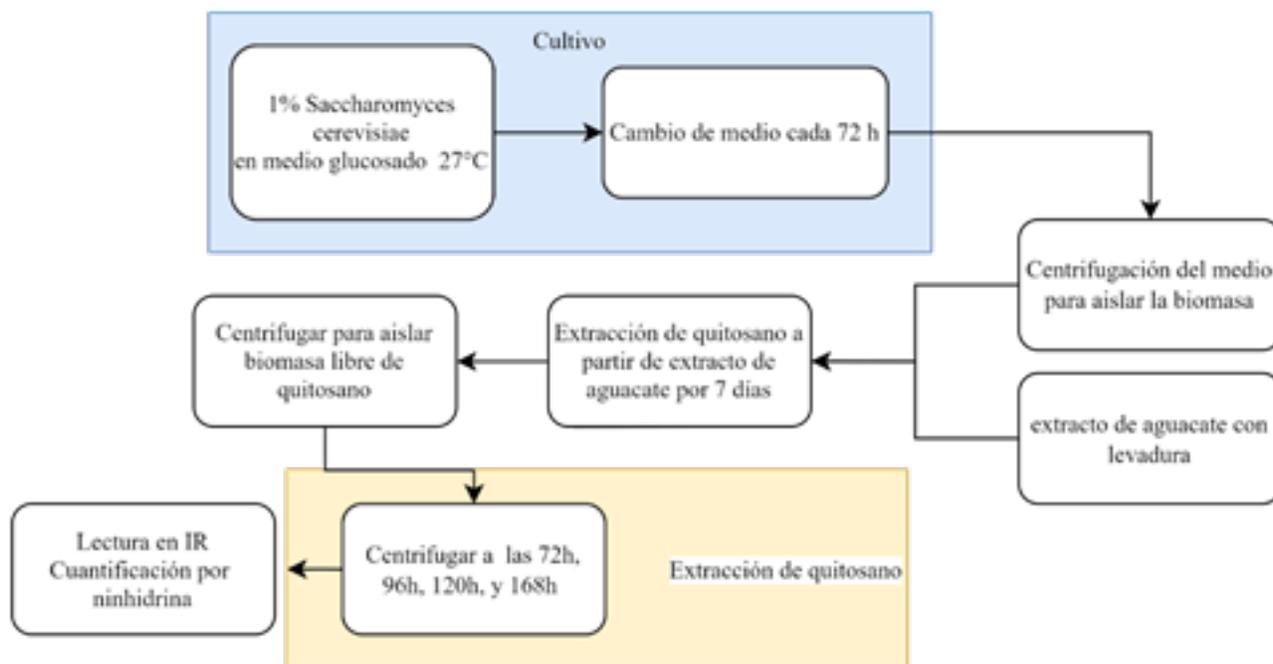
aguacate, chirimoya y guanábana, reportándose que su concentración se ve favorecida en las estructuras como tallos, semillas y hojas. (Gaviria et ál, 2018).

Es así como considerando la información anterior y tomando en cuenta que México es el país con mayor porcentaje de producción de aguacate a nivel mundial, y que derivado de los diversos usos dentro de la población mexicana, las partes que no se consumen (semillas y cáscara) se convierten en residuos que generan contaminación, (Salazar-López et ál, 2020), proponemos el uso de las semillas de aguacate como fuente de acetogeninas para desarrollar un proceso de extracción de quitosano de cultivos de *Saccharomyces cerevisiae*, como un proceso eco-amigable.

## Objetivo

Establecer un proceso amigable con el ambiente para la obtención de quitosano a partir de cultivos de *Saccharomyces cerevisiae* utilizando semillas de aguacate.

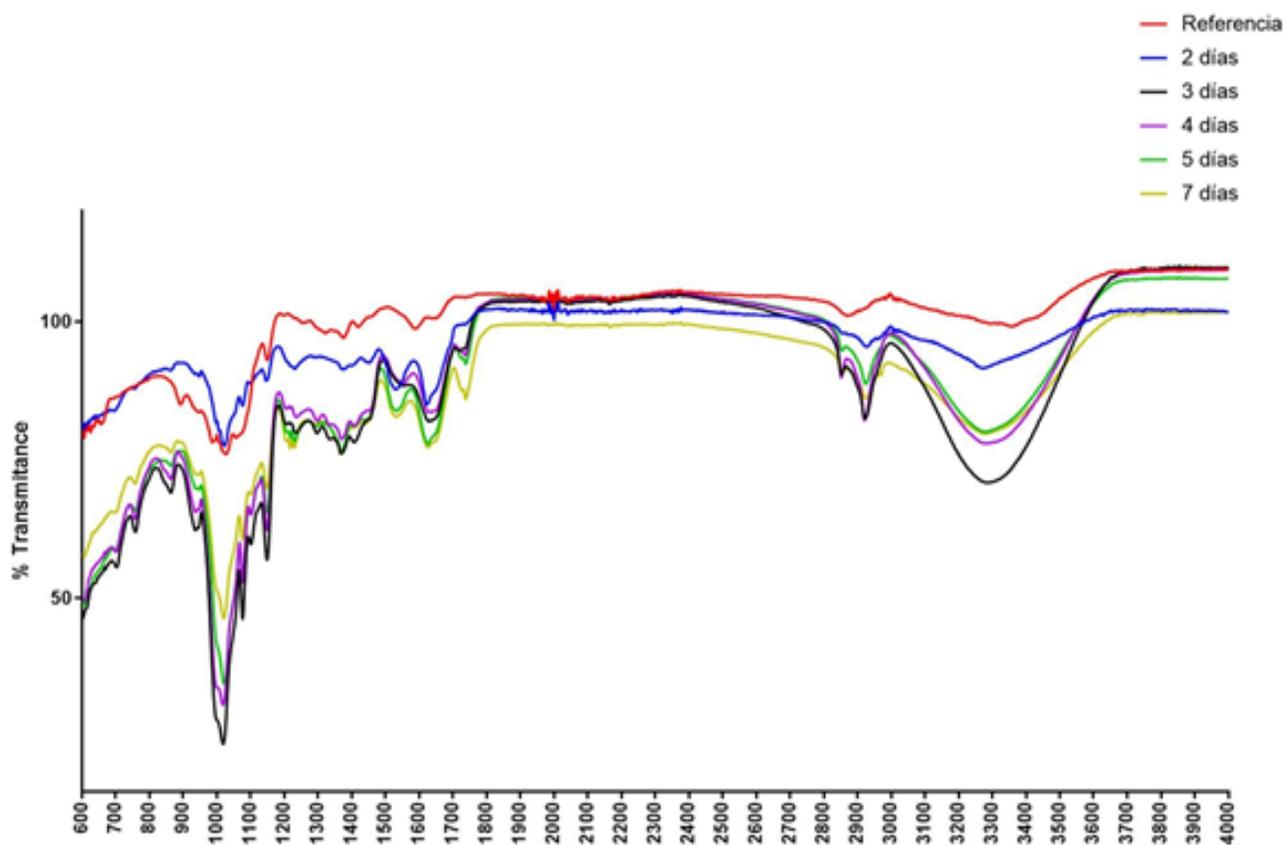
## Métodos



## Resultados y discusión

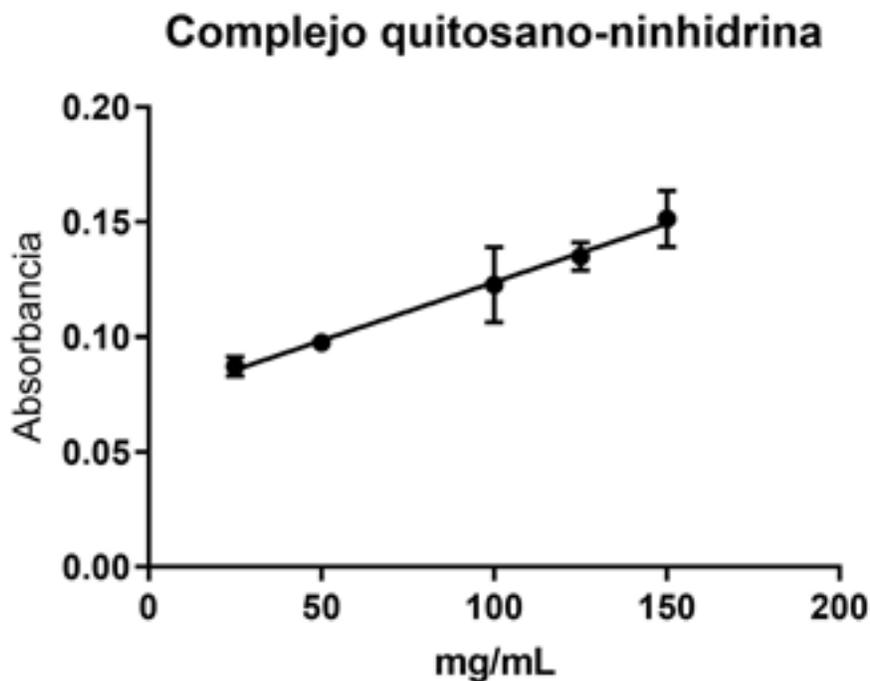
Para llevar a cabo los ensayos, decidimos utilizar levadura de cerveza, considerando que el bioetanol que se produce tras la fermentación de la sacarosa que suplementa el medio puede ser utilizado como agente desinfectante o buscarle otro uso; de esta forma tratamos de que el proceso sea lo más amigable con el ambiente y se persiga aprovechar la mayoría de los bioproductos generados. Por otro lado, tras evaluar el crecimiento de la levadura, encontramos que el tiempo óptimo es de siete días al encontrar  $3.612 \times 10^6$  UFC de *Saccharomyces cerevisiae*, con un medio de cultivo consistente en agua y sacarosa al 2%.

Para evaluar la eficiencia en la desacetilación y por ende la obtención de quitosano, utilizando el extracto acuoso de aguacate, se tomaron diferentes muestras a diferentes tiempos, de los cuales se determinó la presencia de grupos funcionales característicos a través de la espectroscopía de infrarrojo (IR), principalmente aquellos que corresponden a los grupos amino (-NH) a  $1600 \text{ cm}^{-1}$  y los que corresponden al grupo amida  $1660$  y  $1550 \text{ cm}^{-1}$ . Como se puede apreciar en la Figura 1, a medida que el tiempo de reacción aumenta, la banda en  $1600$  aumenta, (Fatima, 2020) lo que implica que los grupos aminos están más libres indicando un grado de desacetilación mayor; es necesario mencionar que una quitina cuyo grado de desacetilación sea mayor del 50% será considerada como quitosano (Moeini et ál, 2020), además, un grado de desacetilación más alto es indicativo de efectos biológicos más fuertes y mejor solubilidad al agua (Kou et ál, 2021), es decir que a mayor grado de desacetilación, mayor calidad de quitosano.



**Figura 1.** Espectro de IR del quitosano obtenido a diferentes tiempos de reacción.

Por otro lado, cuantificamos y de forma indirecta corroboramos la presencia de grupos amino libres, a través de la reacción del quitosano con ninhidrina, la cual es una diona capaz de formar complejos con los grupos amino. A partir de esta reacción se construyó la curva de calibración de la Figura 2. Las cuantificaciones de nuestra reacción corresponden a 1.0786g con un rendimiento del 35.95%.



**Figura 2.** Curva de calibración del complejo formado entre el quitosano y la ninhidrina

A partir de los resultados obtenidos hasta el momento, podemos decir que el proceso que estamos planteando es eficaz para la obtención de un quitosano de buena pureza, apto para utilizarse con finalidades cosméticas, farmacéuticas o farmacológicas; además de tratarse de un proceso amigable con el ambiente, la mayoría de los subproductos obtenidos pueden ser utilizados. Es necesario hacer diferentes adecuaciones al proceso, incluso tratando de incluir diferentes fuentes de azúcares para aprovechar algunos desechos de frutas, además de escalar el proceso.

## Conclusiones

Los resultados obtenidos hasta el momento muestran una nueva alternativa amigable con el ambiente, accesible en su materia prima, poco costosa, y con un rendimiento adecuado para la obtención de quitosano, utilizando como materia prima dos elementos que suelen ser un desecho en diferentes procesos industriales e incluso de la vida diaria: *Saccharomyces cerevisiae*, un desecho de la industria cervecera y la semilla de aguacate, un desecho de la industria aceitera y del consumo alimenticio humano. Ade-

más, este proceso da como resultado la generación de subproductos como el bioetanol, el cual puede ser utilizado para otros procesos o incluso como materia prima para otros productos. Son necesarios experimentos complementarios que permitan una caracterización completa del producto obtenido, así como el desarrollo de productos derivados de quitosano con potencial aplicación en la farmacología.

## Agradecimientos

Los autores agradecen los apoyos del estímulo institucional BEIFI del Instituto Politécnico Nacional, necesarios para el desarrollo del proyecto.

## Referencias

- Afroz, M. M., Kashem, M. N. H., Piash, K. M. P. S., & Islam, N. (2021). *Saccharomyces Cerevisiae* as an untapped source of fungal chitosan for antimicrobial action. *In Research Square*. [doi:10.21203/rs.3.rs-490748/v1](https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-490748/v1)
- Fatima, B. (2020). Quantitative analysis by IR: Determination of chitin/chitosan DD. In *Modern Spectroscopic Techniques and Applications*. IntechOpen.
- Gaviria, M., Posada, S., y Mira, J. (2018). Acetogeninas, alternativa en el tratamiento de cáncer en caninos. *CES medicina veterinaria y zootecnia*, 13(2), 157–172. doi: 10.21615/cesmvz.13.2
- Gopal, J., Muthu, M., Dhakshanamurthy, T., Kim, K. J., Hasan, N., Kwon, S. J., y Chun, S. (2019). Sustainable ecofriendly phytoextract mediated one pot green recovery of chitosan. *Scientific Reports*, 9(1), 13832. doi: 10.1038/s41598-019-50133-z
- Kou, S., Peters, L., y Mucalo, M. (2021). Chitosan: A review of sources and preparation methods. *International Journal of Biological Macromolecules*, 169, 85–94. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2020.12.005
- Moeini, A., Pedram, P., Makvandi, P., Malinconico, M., y Gomez d’Ayala, G. (2020). Wound healing and antimicrobial effect of active secondary metabolites in chitosan-based wound dressings: A review. *Carbohydrate Polymers*, 233(115839), 115839. doi: 10.1016/j.carbpol.2020.115839
- Salazar, M. y Valderrama, A. (2013). Preparación y caracterización de películas de quitosano despolimerizado y reticulado con tripolifosfato de sodio. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 79(3), 195–208. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1810-634X2013000300002](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2013000300002)
- Salazar-López, N. J., Domínguez-Avila, J. A., Yahia, E. M., Belmonte-Herrera, B. H., Wa-

- Il-Medrano, A., Montalvo-González, E., y González-Aguilar, G. A. (2020). Avocado fruit and by-products as potential sources of bioactive compounds. *Food Research International* (Ottawa, Ont.), 138(Pt A), 109774. doi 10.1016/j.foodres.2020.109774
- Sebastian, J., Rouissi, T., & Brar, S. K. (2020). Fungal chitosan: prospects and challenges. En *Handbook of Chitin and Chitosan* (pp. 419–452). Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-817970-3.00014-6

# ESTUDIO COMPUTACIONAL EN LA EVOLUCION DEL MECANISMO DE REACCIÓN BLUM-ITTAH: CARACTERIZACION DE LAS PROPIEDADES ELECTRÓNICAS Y CARACTERIZACION DE LOS ESTADOS DE TRANSICIÓN

*José Guillermo Penieres Carrillo\**, *Rodolfo Gómez Balderas*, *Luis Antonio Martínez Arellano*, *Fernando Ortega Jiménez*, *Gina Adriana Villegas Peña*, *José Guadalupe García Estrada \**

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM, [penieres@unam.mx](mailto:penieres@unam.mx), [jogarcia@unam.mx](mailto:jogarcia@unam.mx),*

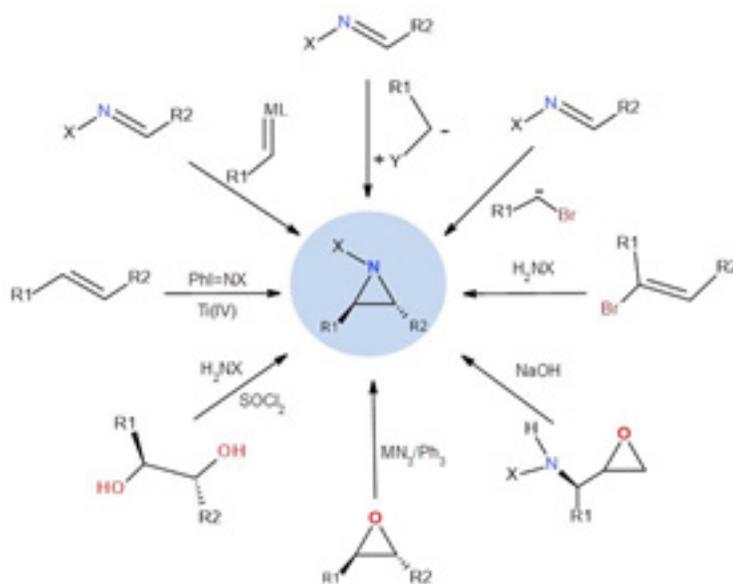
## Resumen

En este trabajo se estudia el mecanismo de reacción de Blum-Ittah para la síntesis de aziridinas, que involucra la reacción de apertura del anillo de un epóxido con azida de sodio (reacción de Staudinger), para formar un  $\alpha$ -azidoalcohol, seguida de una reducción con trifenilfosfina con la formación de nitrógeno molecular y óxido de fosfina como subproductos. El estudio se ha llevado a cabo de manera teórica, utilizando herramientas computacionales. Para realizar los cálculos de los perfiles energéticos se empleó método de cálculo semiempírico AM1, la optimización de las geometrías de los estados de transición, intermediarios y propiedades electrónicas fueron determinados por la funcional B3LYP y la base 6-31G(d), funcionales de la densidad. En cuanto a los resultados, la formación del estado de transición ET3 explica satisfactoriamente la pérdida de una molécula de nitrógeno y es clave para la formación de la aziridina.

**Palabras clave:** Mecanismo-Blum-Ittah- aziridinas- computacional- B3LYP.

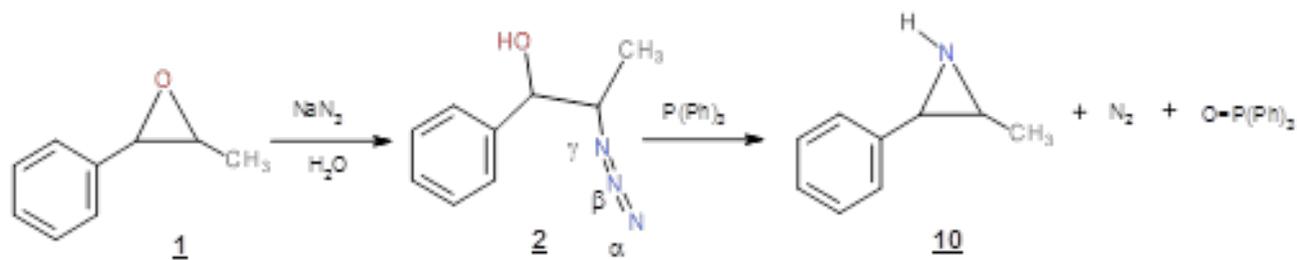
## Antecedentes

Las aziridinas son compuestos heterocíclicos muy versátiles en síntesis orgánica debido a la variedad de métodos para sintetizarlos y, debido a su fácil susceptibilidad a las reacciones de apertura, son considerados como intermediarios sintéticos de numerosos productos farmacéuticos, como precursores de aminoazúcares, antibióticos  $\beta$ -lactámicos, alcaloides, entre otros, además de que están presentes en varios productos naturales que exhiben potentes actividades biológicas (Tanner, 1994). Entre los métodos de síntesis para estos sistemas se encuentran, a partir de olefinas, iminas, reducción de azirinas y ciclación intramolecular de aminas, entre otras metodologías, Figura 1.



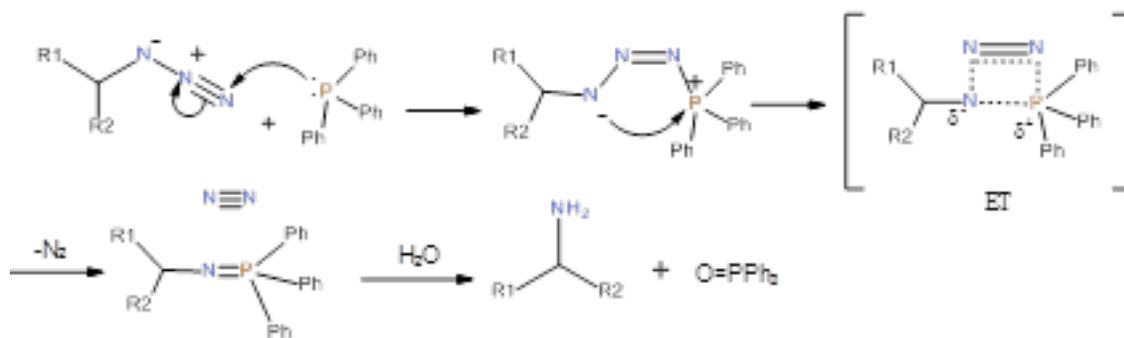
**Figura 1.** *Varios métodos de síntesis de aziridinas*

En este sentido, la síntesis de aziridinas a partir de la apertura de un epóxido con azida de sodio, para formar un  $\alpha$ -azidoalcohol, seguida de una reducción con trifetilfosfina con la salida de nitrógeno molecular y óxido de fosfina, (Ittah, y Blum, 1978), Figura 2.



**Figura 2.** Síntesis de Blum-Ittah, apertura del epóxido y reducción de  $\alpha$ -azidoalcohol para formar la aziridina.

En cuanto al mecanismo de reacción, éste es similar a la reducción de azidas a aminas de Staudinger (Staudinger y Meyer, 1919) que se propone se lleva a cabo en dos pasos. La fosfina y la azida se tratan primero para formar la imida de fosfina, esta última se hidroliza para obtener el óxido de fosfina y una amina; en general, es un método suave para reducir una azida a amina, Figura 3.



**Figura 3.** Mecanismo de Reacción propuesto para la síntesis de aminas de Staudinger a partir de la reducción de azidas con trifenílfosfina

Así, la síntesis de aziridinas propuesta por Blum-Ittah se efectúa mediante la reducción de un  $\alpha$ -azidoalcohol obtenido previamente de la apertura de un oxirano con azida de sodio en un primer paso, seguido de la reducción con trifenílfosfina. En el mecanismo se propone la formación de un estado de transición (ET) de cuatro heteroátomos, mismo que se propone en la reacción de Staudinger, Figura 3.

Por otro lado, en la química computacional (QC) se emplean ordenadores sofisticados para determinar las propiedades electrónicas que transcurren durante una reacción. Esta herramienta permite que en una reacción química se logre la propuesta de los

estados de transición, el conocimiento de los intermediarios y permiten al químico predecir propiedades geométricas, electrónicas y fisicoquímicas de los materiales transformados (Cheng et al., 2015). Las características energéticas de las reacciones se pueden determinar paso a paso e ir simulando computacionalmente la evolución de una reacción química y, al asociarse con las reactividades correspondientes, se pueden comparar varias rutas mecanísticas, siendo la de menor energía la óptima.

## Objetivo

El objetivo general de este trabajo es el estudio computacional del mecanismo de reacción Blum-Ittah para la síntesis de aziridinas, a partir de la apertura del 2-fenil-3-metiloxirano, Figura 2.

El objetivo general se llevará a cabo a través de los siguientes objetivos específicos:

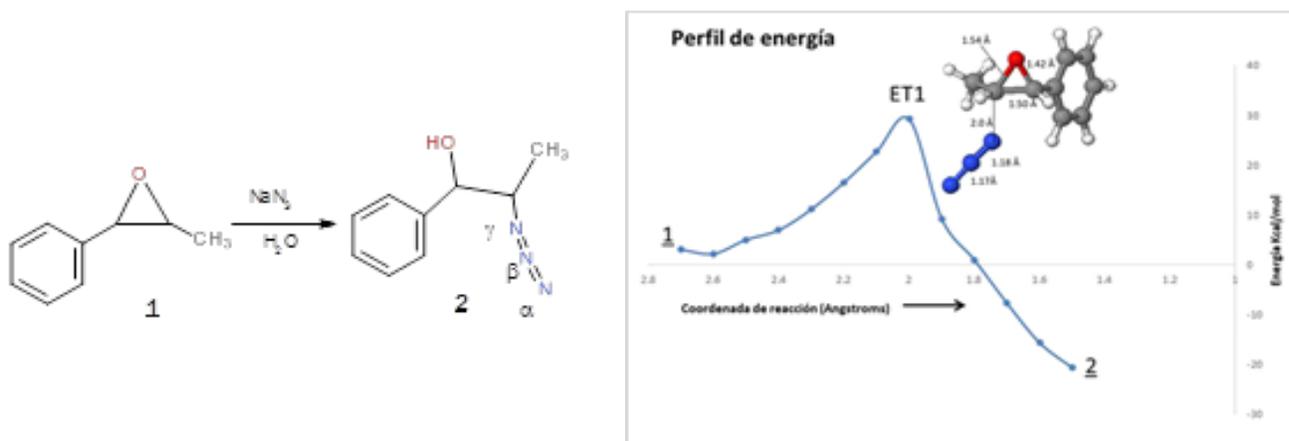
- Determinación de los perfiles de reacción en cada etapa de la reacción.
- Caracterización de las geometrías de los puntos estacionarios (reactivos, intermediarios, si los hubiere, estructuras de transición y productos).
- Evolución de las propiedades electrónicas.

## Parte experimental

Para la construcción y visualización de las moléculas en 3D se utilizó el software iQmol (iQmol. 2017). La determinación de la optimización para las geometrías de los estados de transición, propiedades electrónicas y perfiles energéticos fueron calculados con el método semiempírico AM1 del software MOPAC 6 (Steward, J., MOPAC 2009). y los puntos estacionarios con el funcional B3LYP y la base 6-31G(d), funcionales de la densidad empleando Gaussian 09, (Fox, 2016). Finalmente, la visualización dinámica de los mecanismos se llevó a cabo con el programa Jmol.

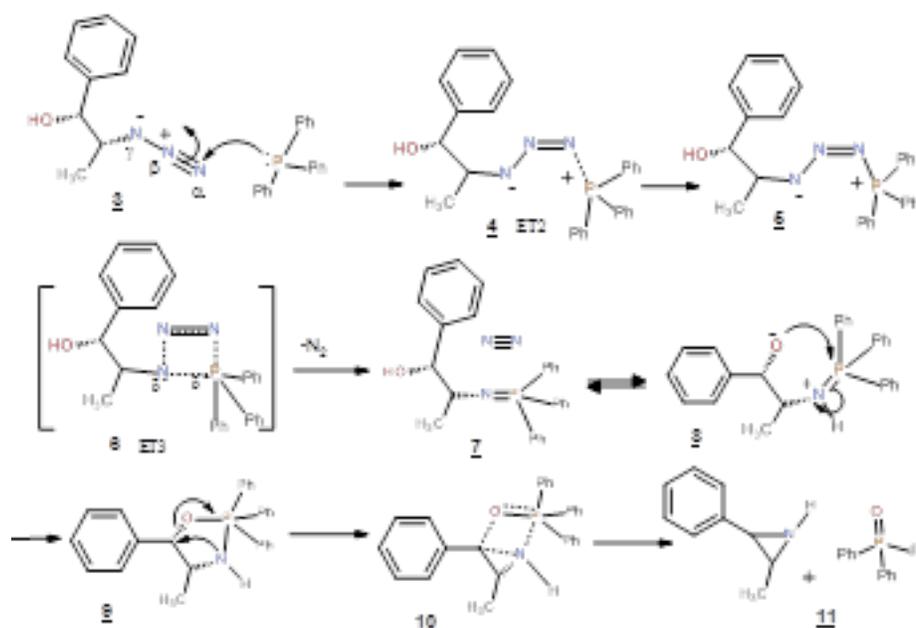
## Resultados y discusión

El mecanismo de reacción propuesto comienza con la apertura nucleofílica del 2-fenil-3-metiloxirano (**1**) con azida de sodio para la formación del correspondiente  $\alpha$ -azidoalcohol (**2**), Gráfica 1.



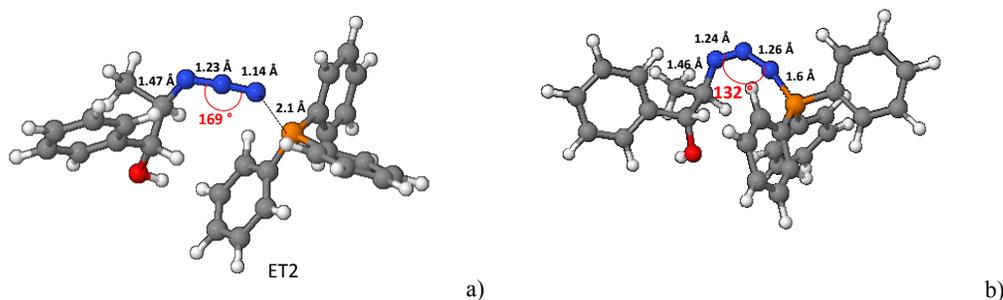
**Gráfica 1.** Perfil de energía de reacción obtención de  $\alpha$ -azidoalcohol y caracterización de ET1

La apertura del epóxido mostró una trayectoria típica de una reacción tipo  $S_N2$  y un estado de transición (ET1) con una energía de activación de 29.2409 Kcal/mol. Así mismo, cabe destacar, el cambio en los órdenes de unión entre los átomos de nitrógeno de la azida  $N_\alpha-N_\beta-N_\gamma$ , siendo de 1.6, 1.23 y 1.14 Å, respectivamente, una vez realizado la formación del producto de reacción. Para la descripción y discusión de los resultados del mecanismo de reacción propuesto por Blum-Ittah, se hizo referencia al esquema de la Figura 4, en el que se describen los intermediarios y estados de transición en cada etapa.



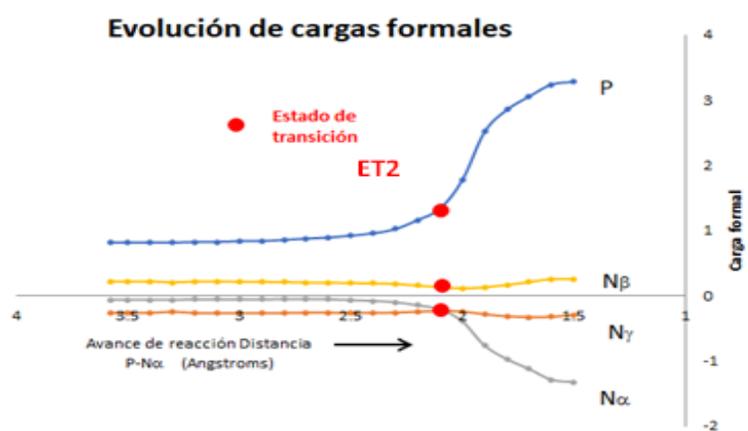
**Figura 4.** Mecanismo de Reacción, síntesis de aziridinas de Blum-Ittah a partir de  $\alpha$ -azidoalcohol y trifenilfosfina

Una vez formado el  $\alpha$ -azidoalcohol, se lleva a cabo una reacción de éste con trifetilfosfina, coordenada de **3** a **4** Figura 4. En esta etapa se determinó un estado de transición ET2, Figura 5a, cuya energía de activación fue de 13.4 kcal/mol, este valor es poco energético e indicativo de una reacción prácticamente espontánea, (Robiette, 2019).



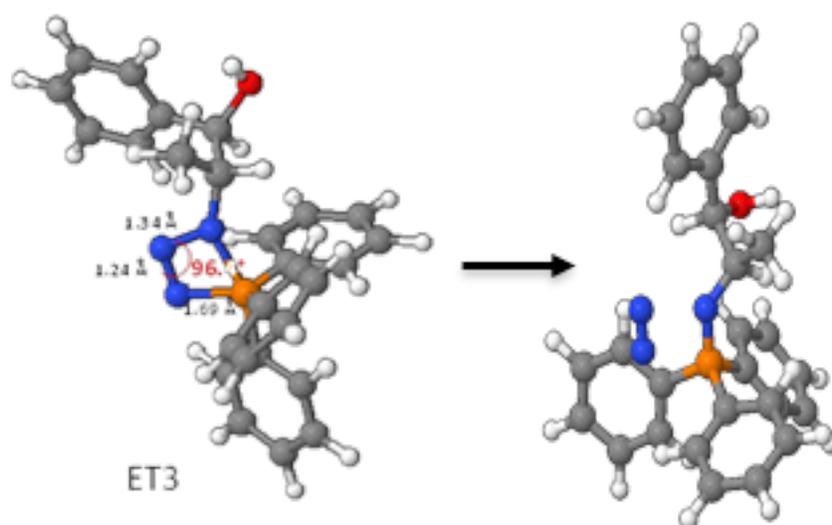
**Figura 5.** a) Estado de transición ET2. b) Intermediario de reacción, cambio de ángulo de enlace en el grupo azida

Así mismo, durante el avance de reacción se determinó la evolución de las cargas formales para los átomos de P y el nitrógeno  $N_\alpha$  de la azida. El fósforo, por sus características como base de Lewis y su efecto de electrodonación, se consideró como el nucleófilo, mientras el  $N_\alpha$  resultó ser el aceptor de electrones con una carga inicial de -0.067. Por otro lado, las cargas formales del  $N_\beta$  y  $N_\gamma$  fueron de 0.217 y -0.2674, respectivamente, corroborado con la Gráfica 2, en donde justo en la coordenada del ET2 se observa el cambio en las cargas formales.



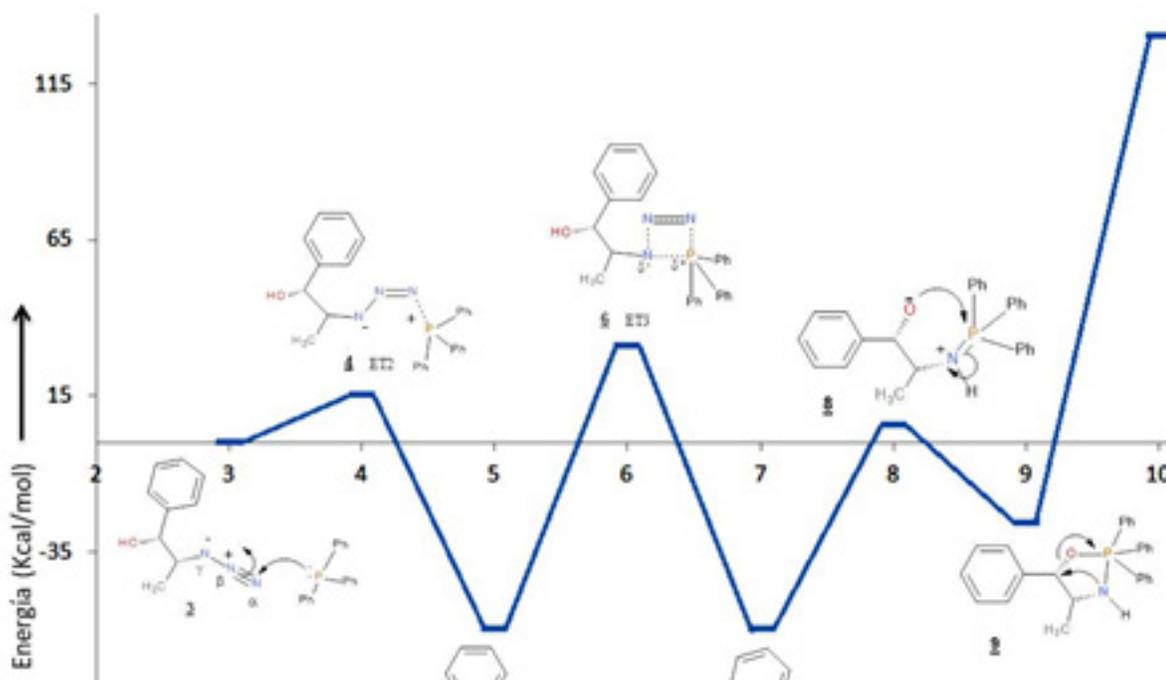
**Grafica 2.** Evolución de las cargas formales durante la etapa 2

En cuanto a la geometría del estado de transición ET2 y el intermediario de reacción, Figura 5, se observa un cambio en el ángulo de enlace y órdenes de unión entre los átomos nitrógeno. Esto último, permite al intermediario presentar una flexibilidad de torsión angular para formar el estado de transición ET3, el cual se forma a partir del acercamiento entre los átomos de P y el N<sub>γ</sub>, de acuerdo con la coordenada de **5** a **6** de la Figura 4. Cabe destacar que la geometría de ET3 es muy similar a la reportada por Tian y Wang, (Tian y Wang, 2004) Figura 6.



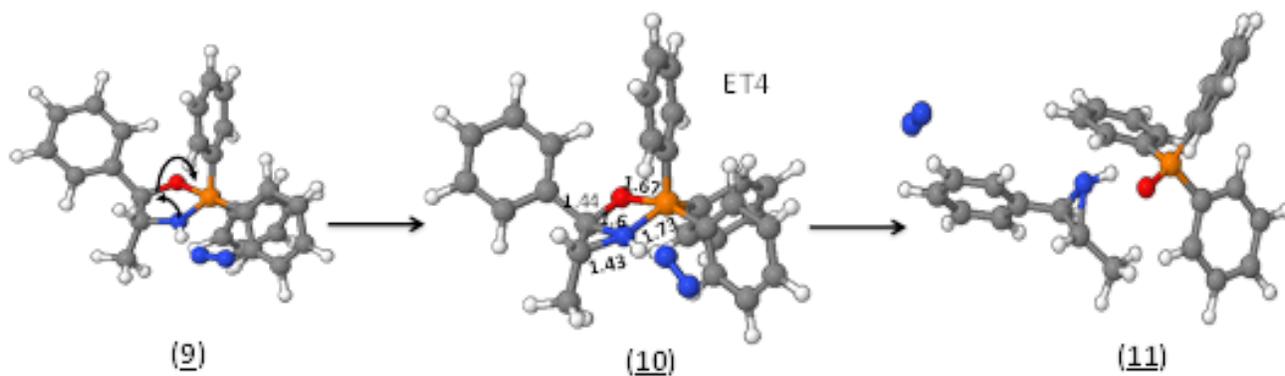
**Figura 6.** Estado de transición ET3 e intermediario con desprendimiento de nitrógeno

El perfil energético global de la reacción se muestra en la Grafica 3, la cual muestra las etapas de la reacción graficadas contra la energía relativa (kcal/mol).



**Gráfica 3.** Perfil energético global, energía contra el avance de reacción.

Del perfil energético global se destaca la formación de un intermediario de reacción (9) el cual permite proponer finalmente una reacción concertada y así generar la aziridina, etapas de 9 a 11, Figura 7; el estado de transición ET4 que aquí se forma requiere 82.89 Kcal/mol y es, por lo tanto, la etapa determinante de la reacción.



**Figura 7.** Formación de ET4 y producto final

## Conclusiones

Dado los resultados obtenidos, se determinó el perfil energético para el mecanismo de reacción Blum-Ittah para la síntesis de aziridinas, empleando el método semiempírico AM1. Se caracterizaron las geometrías de los intermediarios de reacción, así como los estados de transición fueron caracterizados geoméricamente con el funcional B3LYP y la base 6-31G(d). Así mismo, la evolución de las cargas formales fueron calculadas durante la etapa de **3** a **4** para los átomos de P y el de nitrógeno  $N_{\alpha}$  de la azida y el cambio de ángulo de enlaces entre los átomos  $-N=N=N-$  permite una torsión angular para formar el estado de transición ET3. Para este último, se caracterizó su geometría de forma adecuada y es considerado el estado de transición que justifica la pérdida de una molécula de nitrógeno molecular. Finalmente, proponemos la formación de aziridina a partir de una reacción intramolecular concertada del intermediario **9**, generando a ET4, el más energético, que es el que determina la velocidad de reacción. Cabe destacar que es la primera vez que se reporta en la literatura este intermediario.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNAM-DGAPA por el financiamiento de los proyectos PAPIIT-IN210721, PAPIIT-IN221621 y al Programa Cátedras de Investigación CI2221 FES Cuautitlán

## Referencias

- Cheng; G.-J.; Zhang; X.; Chung, L. W.; Xu, L.; Wu, Y. D. (2015). Computational Organic Chemistry: Bridging Theory and Experiment in Establishing the Mechanisms of Chemical Reactions. *Journal America Chemical. Society*, 2015, 137 (5), 1706–1725. <https://doi.org/10.1021/ja5112749>.
- D. J. Fox, Gaussian, (2016). <http://www.jmol.org/>
- IQmol. (2017, February 20). Research Computing Documentation, Retrieved 00:16, October 15, 2021, from <https://wiki.rc.usf.edu/index.php?title=IQmol&oldid=1276>
- Ittah, Y.; and Blum, J. (1978). A New Aziridine Synthesis from 2-Azido-Alcohols and Tertiary Phosphines. *Journal Organic Chemistry*, 43 (22), 4271-4273. <https://doi.org/10.1021/jo00416a003>.

- Lin., F. L.; Hoyt, H. M.; van Halbeek, H.; Bergman, R. G.; and Bertozzi, C. R. (2005). Mechanistic Investigation of the Staudinger Ligation. *Journal American Chemical Society*, 127(8), 2686-2695. <https://doi.org/10.1021/ja044461m>.
- Phung, C.; Tantillo, D. J; Hein, J. E; Pinha, A. R. (2018). The mechanism of the reaction between an aziridine and carbon dioxide with no added catalyst. *Journal Physical Organic Chemistry*, 31, e3735. <https://doi.org/10.1002/poc.3735>.
- Robiette, R. (2006). Mechanism and Diastereoselectivity of Aziridine Formation from Sulfur Ylides and Imines: A Computational Study. *Journal Organic Chemistry*, 71, 2726-2734. <https://doi.org/10.1021/jo052559t>.
- Staudinger, H.; Meyer, J. (1919). Über neue organische Phosphorverbindungen III. Phosphinmethylenderivate und Phosphinimine. *Helvetica Chimica Acta*, 2, 635–646. <https://doi.org/10.1002/hlca.19190020164>.
- Steward, J., MOPAC (2009). Steward computational Chemistry, Version 9.069 W.
- Tanner, D. Chiral aziridines-their synthesis and use in stereoselective transformations. (1994). *Angewandte Chemie International Edition*. 1994, 33(6), 599-619. <https://doi.org/10.1002/anie.199405991>.
- Tian, W. Q.; and Wang, Y. A. (2004). Mechanisms of Staudinger Reactions within Density Functional Theory. *Journal Organic Chemistry*, 69 (13), 4299-4308. <https://doi.org/10.1021/jo049702n>.

# ESTUDIOS *IN SILICO* DE LA ACTIVIDAD MODULADORA CANALES DE CALCIO DE CIANOIMINOPIRIMIDINAS CON LA ENZIMA 3LV3.

José Guillermo Penieres Carrillo\*, José Guadalupe García Estrada\*, Rodolfo Gómez Balderas, Luis Antonio Martínez Arellano, Hulme Ríos Guerra, León Daniel Ponce Pérez, Fernando Ortega Jiménez.

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán-UNAM, [penieres@unam.mx](mailto:penieres@unam.mx); [jogarcia@unam.mx](mailto:jogarcia@unam.mx)

## Resumen

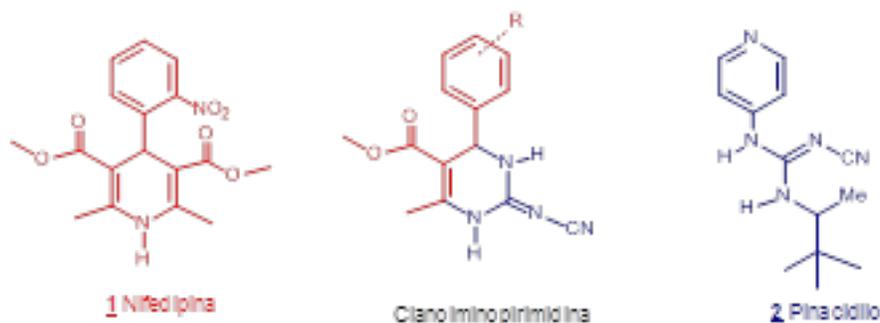
La síntesis de dihidropirimidinas (DHPMs) de Biginelli es una de las reacciones multicomponente más importantes y ha sido ampliamente investigada en términos de aplicación farmacéutica. Estos compuestos, presentan una gran similitud en cuanto a las propiedades farmacéuticas mostradas en la Nifedipina, es decir, son empleadas para tratar enfermedades cardiovasculares. Además, previos estudios señalan que la estructura cristalina del bloqueador de los canales de calcio alfa 1 (PDB ID: 3LV3) es la más sensible frente a ligantes con estructura tipo dihidropiridinas (DHPs) y dihidropiridinas (DHPMs). Es por ello, que el desarrollo de nuevos bloqueadores de calcio dependientes de voltaje toman en cuenta a estos farmacóforos.

Por otro lado, los estudios de acoplamiento molecular (docking) actualmente son una herramienta ampliamente utilizada para el diseño de medicamentos y permiten predecir a gran escala si una molécula presenta una afinidad por la enzima correspondiente y ser considerada como un potencial fármaco. Dado lo anterior, el siguiente trabajo tiene como objetivos determinar y evaluar la correlación de la actividad biológica para una serie de cianoiminopirimidinas, considerando una serie de descriptores biológicos *in silico*, así como un estudio docking entre la estructura cristalina del bloqueador de los canales de calcio 3LV3. De las DHPMs estudiadas, los mejores acoplamientos resultaron para los ligantes que presentan un sustituyente electroattractor en el anillo arilo presente en el C4, resultado similar con respecto al fármaco Nifedipina.

**Palabras clave:** Dihidropiridiminas, *in silico*, docking, bloqueador, calcio.

## Antecedentes

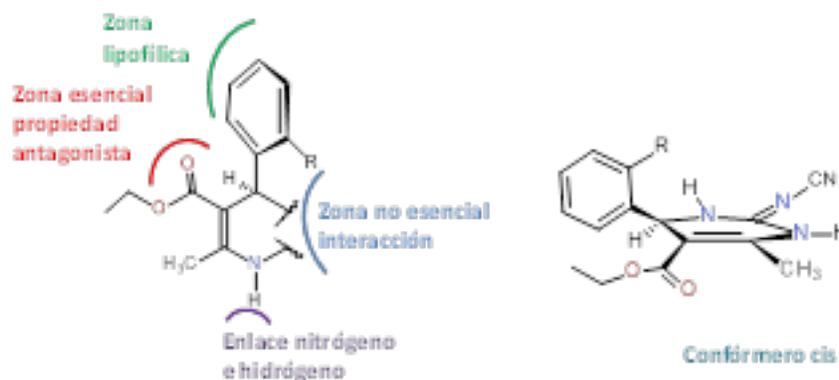
Los compuestos heterociclos juegan un papel importante en la síntesis de fármacos; en ese sentido, las dihidropirimidinas (DHPMs) son tomadas en cuenta debido a sus propiedades terapéuticas y farmacológicas. Por otro lado, las DHPMs son estructuralmente análogas a las dihidropiridinas (DHPs), Figura 1. La Nifedipina (**1**), un medicamento muy comercial y habitualmente es usado para tratar enfermedades cardiovasculares tales como hipertensión, anginas o arritmias cardiacas. Así mismo, un importante bloqueador de los iones de potasio es el Pinacidilo (**2**) y, considerando sus propiedades farmacéuticas similares a la nifedipina, los estudios de diseño de fármacos asistido por computadora (DIFAC), describen a las cianoiminopirimidinas como importantes bloqueadores de calcio, por la similitud estructural que presentan entre estos medicamentos (Rovnyak *et al.*, 2000).



**Figura 1.** DIFAC entre cianoiminopirimidinas con fármacos comerciales

En cuanto a la síntesis de DHPMs, en 1893, el químico italiano Pietro Biginelli descubrió una reacción multicomponente que las produce de manera eficiente y es el método clásico por excelencia (Kappe, C. O. 1993). Sin embargo, un requisito previo para considerar una buena interacción entre un ligante tipo DHPMs y un receptor, es el conocimiento de la geometría entre ellos para dar la mejor pose de energía mínima. En general, estos ligantes son moléculas conformacionalmente flexibles, en las que el anillo arilo y los grupos éster pueden rotar (Oliver K., 2000). La geometría óptima es

aquella en la que el anillo arilo se encuentra hacia arriba y preferentemente el sustituyente R guarda una posición *endo* con respecto al nitrógeno 1. Así mismo, el grupo carbonilo del éster es geoméricamente *cis* con respecto al grupo metilo, Figura 2. Las investigaciones revelan además que solo la parte izquierda de la molécula es esencial para llevar a cabo esta actividad biológica, por lo que confiere aún más variedad de posibilidades a las DHPMs con respecto a las DHPs para el diseño de nuevos fármacos como antagonistas de calcio (Oliver K., 2000).



**Figura 2.** Zonas geométricas importantes del farmacóforo cianoiminopirimidina

Por otro lado, la estructura cristalina del bloqueador de los canales de calcio alfa 1(3LV3) registrada en RSCB, banco de datos de proteína, es una enzima de canales de calcio sensibles al voltaje (VSCC). Regula la entrada de iones de calcio en las células y también participa en una variedad de procesos dependientes del calcio, que incluyen la contracción muscular, la liberación de hormonas o neurotransmisores, la expresión génica, la motilidad celular, la división celular y muerte celular. Los canales de calcio de larga duración (tipo L) pertenecen al grupo de los “activados por alto voltaje” (HVA) y pueden ser bloqueados por las DHPs y DHPMs; el sitio activo está conformado por los aminoácidos, Thr31, Thr178, Arg239, Asp238, Thr240, Tyr209, Asp183 y Gly207. (Jassmin T., *et al*, 2021).

## Objetivo

Determinar y evaluar la correlación de la actividad biológica para una serie de cianoiminopirimidinas, considerando una serie de descriptores biológicos *in silico* y geometrías de los ligantes, así como un estudio docking entre la estructura cristalina del bloqueador de los canales de calcio de la enzima 3LV3.

## Metodología

La construcción 3D de la serie de cianoiminopirimidinas se llevó a cabo usando el programa IQmol (2017, February 20) y para la optimización de las geometrías moleculares se utilizó el método de cálculo semiempírico AM1 del programa MOPAC 6.0, (Steward, J., MOPAC 2009). El acoplamiento molecular se realizó considerando un docking rígido, empleando el programa AutoDockTools 1.5.6, (Abreu, R.M. 2010). Las dimensiones de la caja fueron;  $x=38.302$ ,  $y=31.912$ ,  $z=20.648$  con una exhaustividad media. La visualización de las mejores poses se hizo con Discovery Studio 21, (BIOVIA 2017). La proteína 3LV3 se obtuvo de la plataforma PDB, la cual fue preparada retirando las moléculas de agua, se le dotó de átomos de hidrógenos totales y polares, cargas parciales y las cargas de Kollman, así como de los parámetros de solvatación.

## Resultados y discusión

Se efectuó el estudio de acoplamiento para una serie de diez cianoiminopirimidinas, los resultados se detallan en la Tabla 1. De los resultados se destaca la energía de acoplamiento para cuando R es 3-Br, en donde la energía es la más favorable. Sin embargo, el porcentaje de actividad como BCC es bajo comparado cuando el ligante presenta grupos  $\text{NO}_2$ . Cabe destacar que las interacciones ligante-receptor en cuanto a puentes de hidrógeno hay en común la interacción con el aminoácido LYS186, no solamente para compuestos con grupos nitro, sino también para cuando el ligante presenta el sustituyente bromo. En este sentido, es importante considerar grupos electroattractores para un acoplamiento aceptable, como se aprecia en la Tabla 1. Tomando en cuenta que para la serie de compuestos con grupos nitro, la afinidad por la enzima y los porcentajes de actividad biológica son los más favorables. Un caso especial resultó para cuando R es hidrógeno, que presenta un porcentaje como antihipertensivo de 78.9% y como bloqueador un 40%.

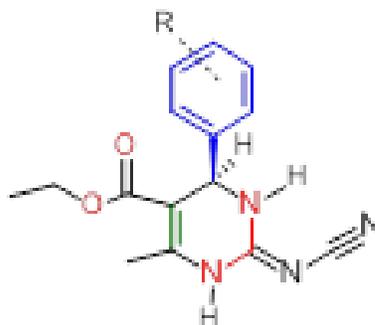
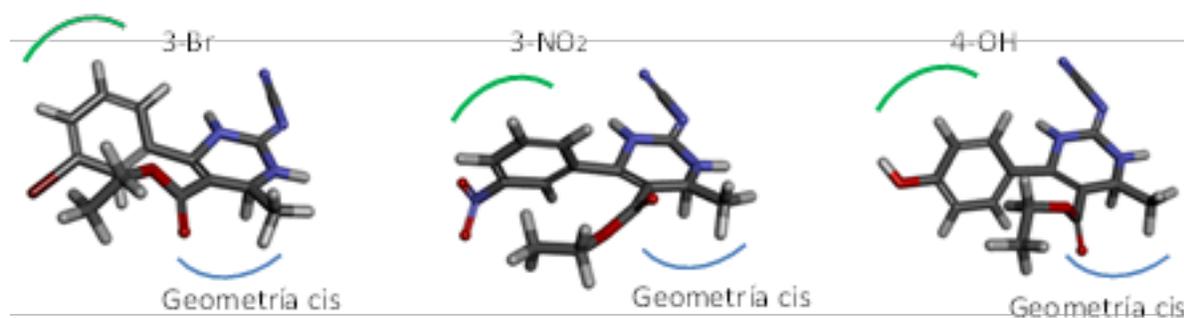


Tabla 1. Resultados acoplamiento molecular y actividad biológica BCC y antihipertensivo.

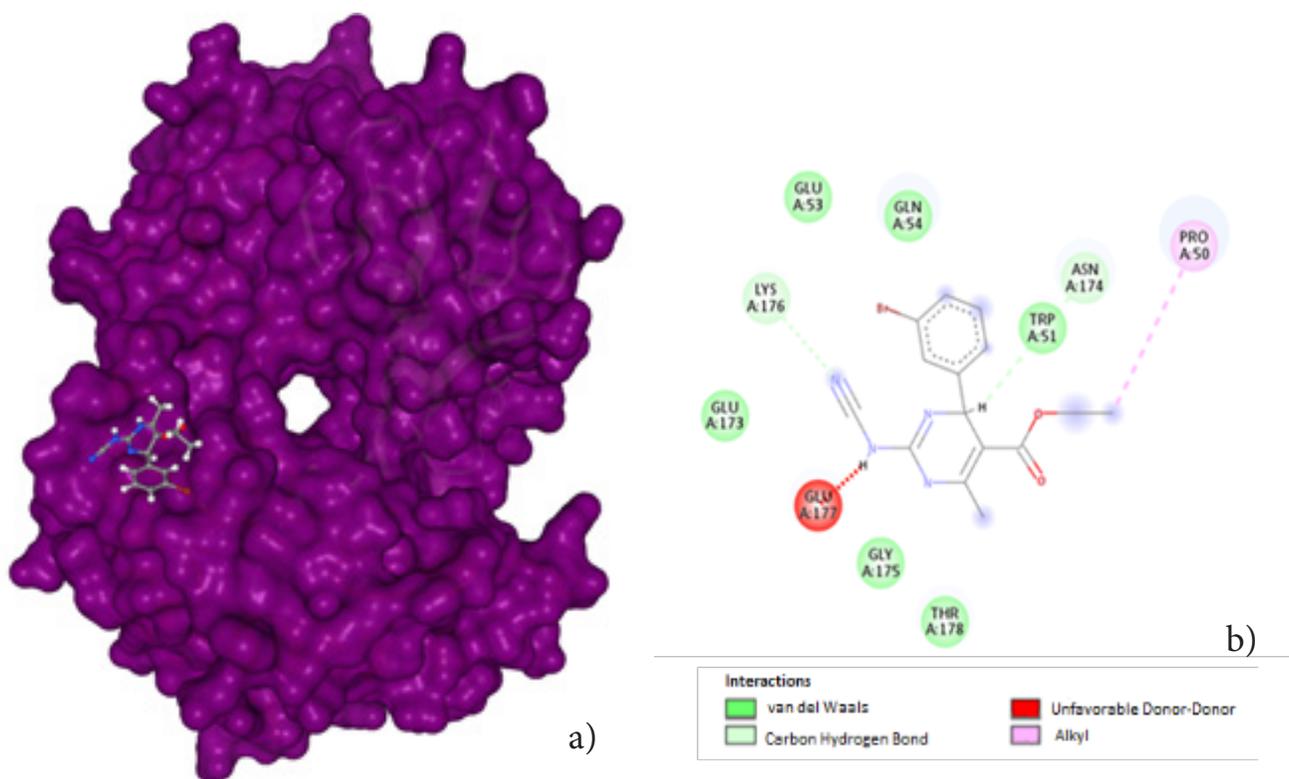
R	Energía de acoplamiento kcal/mol ( $\Delta G$ )	Bloqueador canal de calcio (%)	Antihipertensivo (%)	Interacciones ligando-receptor
2-CF <sub>3</sub>	-5.11	0.489	0.741	ASP183, <b>LYS186</b>
3-CF <sub>3</sub>	-5.23	0.461	0.706	TRP51, ASP183
2-OCF <sub>3</sub>	-5.85	0.336	0.712	ARG181
2-NO <sub>2</sub>	-5.61	0.295	0.86	ASP183, ARG239
H	-5.97	0.4	0.789	ASP183, THR178, ARG239
4-OH	-6.06	0.361	0.707	GLU177
3-Br	<b>-6.6</b>	0.311	0.688	ARG181, PRO186, <b>LYS186</b>
3-NO <sub>2</sub>	-5.58	0.526	0.776	<b>LYS186</b> , LYS186, ASP238
2,4 NO <sub>2</sub>	-4.93	0.516	0.821	<b>LYS186</b>
4 NO <sub>2</sub>	-5.37	0.50	0.785	ASP183, <b>LYS186</b>

Con respecto a las geometrías de los ligantes con mayor afinidad al receptor, éstas cumplen con lo ya reportado en la bibliografía, es decir, el grupo carbonilo del éster se encuentra en posición *cis* con respecto al grupo metilo, Figura 3.



**Figura 3.** Geometrías de ligantes con mejor acoplamiento molecular, en color verde zona lipofílica.

Finalmente, en la Figura 4 se muestra el diagrama en 3D y 2D del acoplamiento para cuando el sustituyente es 3-Br, siendo el caso con menor energía, en donde la zona de interacción ligante-receptor coincide con el sitio activo reportado en la literatura. En el diagrama 2D (Figura 4b), se aprecia seis interacciones de tipo van der Waals y dos interacciones enlace carbono-hidrógeno, que justifica el mejor acoplamiento energético.



**Figura 4.** a) Diagrama ligante-receptor 3LV3 en 3D

b) Diagrama ligante-receptor 3LV3 en 2D

## Conclusiones

Se determinaron las energías de acoplamiento para la enzima 3LV3 con una serie de cianoiminopirimidinas y las geometrías moleculares para los casos con mejor interacción ligante-receptor fueron caracterizadas, corroborando los resultados reportados en la literatura. Así mismo, se correlacionaron *in silico* las propiedades de actividad biológica como bloqueadores de calcio y agentes antihipertensivos, resultando ser favorable para grupos electroattractores en el anillo. Los grupos nitro en el anillo arilo son los que presentaron un porcentaje más favorable de actividad como bloqueadores de calcio y como agentes antihipertensivos, por lo que se sugiere que el farmacóforo tenga este grupo en su estructura química.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNAM-DGAPA por el financiamiento de los proyectos PAPIIT-IN210721 y PAPIIT-IN221621.

## Referencias

- Abreu, R.M.V.; Froufe, H.J.C.; Queiroz, M.J.R.P.; Ferreira, I.C.F.R. (2010). MOLA: a bootable, self-configuring system for virtual screening using AutoDock4/Vina on computer clusters. *J. Cheminform*, 2: 10, 1-6. <http://www.jcheminf.com/content/2/1/10>
- BIOVIA (2017). Dassault Systèmes BIOVIA, Discovery Studio Modeling Environment, Release 2017, Dassault Systèmes, San Diego, California, USA.
- IQmol. (2017, February 20). Research Computing Documentation, Retrieved 00:16, October 15, 2021, from Steward, J., MOPAC (2009). Steward computational Chemistry, Version 9.069 W.
- Jassmin, N.T.; Dotsenko, V.V.; Aksenov, N.A. (2021). 6-Amino-4-Aryl-3-Carbamoyl-5-Cyano-1,4-Dihydropyridine-2-Thiolates: Synthesis, Reactions and Docking Studies. *Chem. Proc.* 3(1), 1-7. <https://doi.org/10.3390/ecsoc-24-08394>
- Kappe, O.C. (Review). (1993). 100 years of the Biginelli dihydropyrimidine synthesis. *Tetrahedron* 49, 6937-6963.
- Kappe, O.C. (2000). Biologically active dihydropyrimidones of the Biginelli-type a literature survey. *J. Med. Chem.* 35, 1043–1052
- Morris, G.M. (1998). Automated docking using a Lamarckian genetic algorithm and an empirical binding free energy function. *J. Comput. Chem.* 19, 1639–1662.
- Rovnyak, G. C.; Kimbal S. D.; Beyer, B.; Cucinotta, G.; DiMarco, J. D.; Gougoutas, J.; Hedberg, A.; McCarthy, J. P.; Zhang, R.; Moreland, S. (1995). Calcium Entry Blockers and Activators: Conformational and Structural Determinants of Dihydropyrimidine Calcium Channel Modulators. *J. Med. Chem.* 38, 119-129.

# DETERMINACIÓN DE COMPUESTOS CON UN GRUPO TIOL EN MEDICAMENTOS Y SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS MEDIANTE ESPECTROFOTOMETRÍA VISIBLE

*Jaqueline Fernández Durán, Alma Luisa Revilla Vázquez, Pablo Hernández Matamoros*

*Sección de Química Analítica, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán,  
Universidad Autónoma de México*

*[jaquelinefernandezduran130998@gmail.com](mailto:jaquelinefernandezduran130998@gmail.com), [pablohdez@unam.mx](mailto:pablohdez@unam.mx), [almarv@unam.mx](mailto:almarv@unam.mx)*

## Resumen

Debido a la importancia y la presencia que tienen varias moléculas que contienen en su estructura los grupos tioles en la industria farmacéutica, en medicamentos comerciales como captopril, acetilcisteína, etc., se plantean dos métodos para determinar el contenido de los principios activos en dos formas farmacéuticas y un suplemento alimenticio. Para lo anterior se utilizaron tanto curvas de adición patrón como curvas de calibración, a fin de determinar que método de cuantificación es más confiable para la determinación del compuesto de interés.

**Palabras clave:** espectrofotometría visible, curva de adición patrón, tiol, curva de calibración.

---

## Antecedentes

Los tioles son compuestos orgánicos que contienen un átomo de azufre y uno de hidrógeno (-SH), son compuestos análogos azufrados de los alcoholes ya que el grupo -SH reemplaza al -OH (Sardi, 2011).

Los tioles tienen diferentes usos en la industria farmacéutica ya que existen diversos medicamentos que contienen este grupo funcional en la estructura del principio activo e incluso en suplementos alimenticios; algunos compuestos son usados para la desintoxicación por metales pesados debido a su capacidad de formar complejos con estos. El grupo tiol se encuentra presente en el medicamento llamado captopril el cual es utilizado para controlar la presión arterial, este compuesto es un ejemplo de que los tioles están presentes en la naturaleza ya que el captopril proviene del veneno de una víbora brasileña de hoyo (Escribano, 2004).

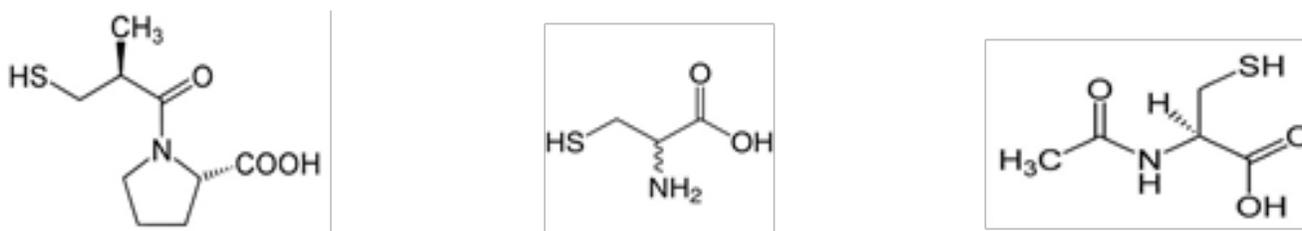
Dentro de las diversas técnicas, la más simple y económica para determinar la concentración de compuestos en soluciones simples o mezclas binarias es la espectrofotometría visible. Esta se fundamenta en la capacidad de las moléculas para absorber radiación electromagnética dentro del intervalo de longitudes de onda de la región visible.

En el caso de los tioles, para lograr su determinación, se lleva a cabo la siguiente reacción redox:



en la cual el grupo tiol reacciona con  $\text{Cu}(\text{Neo})_2^{2+}$  -complejo cúprico con neocuprina-, el grupo tiol se oxida y el complejo se reduce obteniéndose el complejo  $\text{Cu}(\text{Neo})_2^+$  -complejo cuproso con neocuprina- que presenta un color amarillo y el disulfuro correspondiente; el complejo cuproso presenta color amarillo y la longitud de máxima absorción de 455 nm (Apak, et. al., 2008).

La reacción es conocida como el método CUPRAC, el cual es recomendado ya que el reactivo es accesible, económico, estable, selectivo, sensible y capaz de reaccionar con antioxidantes (ácido ascórbico, polifenoles, etc.) y especies que poseen grupos tioles (Escribano, 2004), por lo que se supone puede utilizarse para cuantificar captopril, cisteína y acetilcisteína.



**Figura 1.** Estructuras químicas (izquierda a derecha): Captopril, Cisteína, Acetilcisteína

Los métodos de cuantificación empleados se diferencian en que la curva de calibración indirecta (CCI), implica preparar varias soluciones de concentración conocida del analito de interés y con ella, se puede determinar la concentración de una o varias muestras preparadas de manera independiente a los sistemas de la curva de calibración. En la curva de adición patrón (CAP) todos los sistemas contienen la misma cantidad de solución problema y a partir del sistema 2, se incrementa la concentración conocida del analito, teniéndose que realizar una curva de adición patrón para cada muestra; por lo tanto, su uso se prefiere en muestras con una matriz complicada o desconocida que puede afectar la medición de la propiedad en cuestión.

## Objetivo

Determinar la concentración de principios activos (que poseen un grupo tiol) en medicamentos y suplementos alimenticios, mediante espectrofotometría visible empleando la reacción con el complejo cobre-neocuproina y comparando el uso de curvas de calibración y curvas de adición patrón.

## Parte Experimental

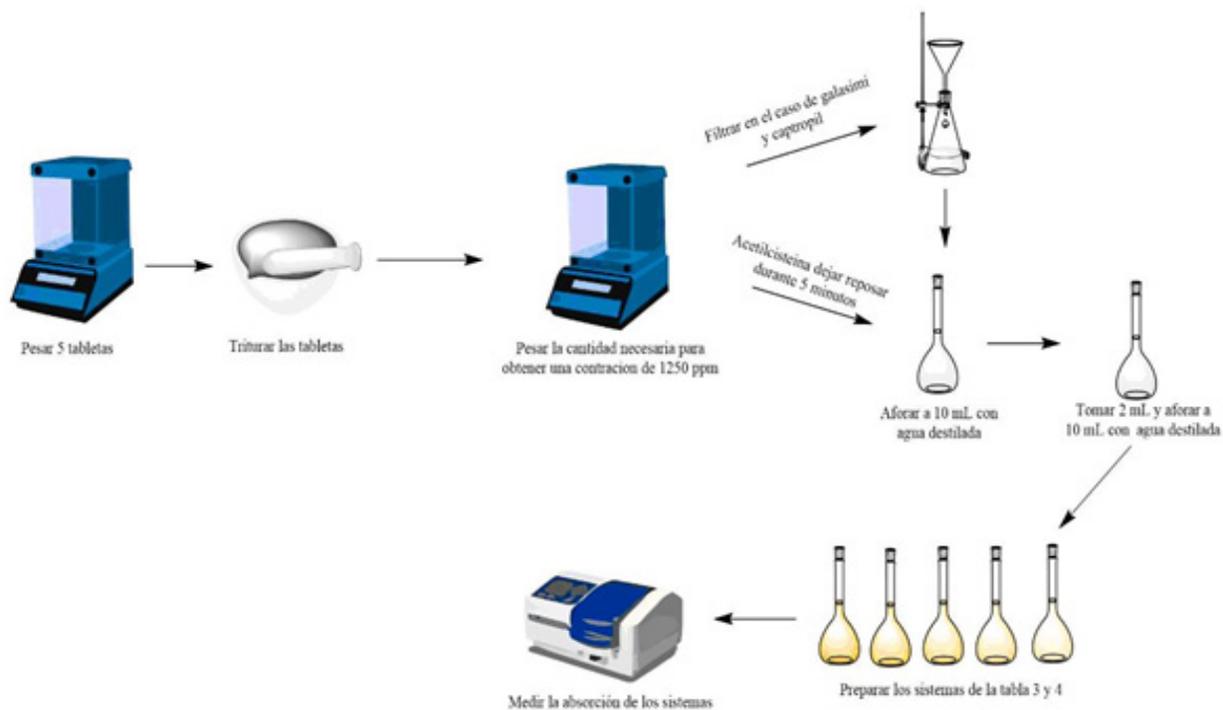
**Tabla 1.** *Material, equipo y reactivos empleados*

Material	Equipo	Reactivos/Muestras
Pipetas volumétricas de: 0.5, 1, 2, 3, 4, 5 y 6 ml	Espectrofotómetro THERMO Scientific <i>Genesys 20</i> y celdas de vidrio de 1 cm	Captopril (materia prima)
Matraz aforado de 10, 25 y 50 ml	Balanza Analítica BOECO	Neocuproina Merck
Vaso de precipitado de 25 mL y 50 mL	Agitador Magnético	Cisteína Baker
		Captopril muestra 100 ppm
		Acetilcisteína muestra 100 ppm
		Cisteína muestra 100 ppm

**Tabla 2.** *Información de los medicamentos y el suplemento alimenticio que se utilizaron.*

	Captopril	Acetilcisteína	Gelasimi
<b>Peso de tableta (mg)</b>	115	1,929.8	964.3
<b>Principio activo (mg)</b>	25	600	50
<b>Presentación</b>	Tableta	Efervescente	Gragea

**Figura 2.** Procedimiento realizado para la preparación de los sistemas para la determinación



**Tabla 3.** Sistemas empleados para la Curva de Calibración Indirecta (CCI)

Solución/Sistema	Blanco	1	2	3	4	5	6	7	Prob.
Captopril std (mL)	-	0.5	1.0	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0	-
Sol problema	-	-	-	-	-	-	-	-	*
Cu(Neo) <sub>2</sub> (mL)	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Aforo (ml)	10	10	10	10	10	10	10	10	10

\*2 mL solución captopril, 0.5mL solución acetilcisteína, 1 mL solución cisteína

**Tabla 4.** Sistemas para la Curva de Adiciones Patrón Indirecta (CAP)

Solución/Sistema	Blanco	1	2	3	4	5	6	7
Captopril std (mL)	0	0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0
Solución problema	0	*	*	*	*	*	*	*
Cu(Neo) <sub>2</sub> (mL)	3	3	3	3	3	3	3	3
Aforo (mL)	10	10	10	10	10	10	10	10

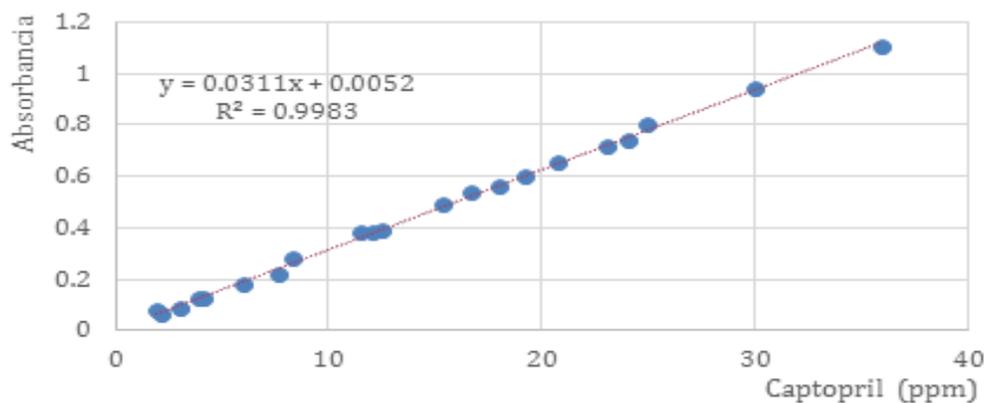
\*2 mL solución captopril, 1mL solución acetilcisteína, 1 mL solución cisteína

## Resultados y Análisis

La reacción se llevó a cabo a un pH de 5.0 debido a que los grupos tiol, los complejos cúprico y cuproso se comportan como especies estables, además, a este pH se facilita que la reacción REDOX sea cuantitativa y permite que la especie  $\text{Cu}(\text{Neo})_2^+$  que da el color amarillo se pueda utilizar en el desarrollo e implementación de métodos de cuantificación indirectos en condiciones de equilibrio apropiadas. En la formación del complejo se utiliza buffer de acetatos 0.663M de pH =5 y se adiciona en los sistemas de manera constante (en la solución del complejo) a fin de mantener el pH y el pAc' constante.

### *Curvas de calibración*

Se realizó un espectro de absorción con el sistema 6 de la curva, con el cual se determinó que la longitud óptima de trabajo es de 455 nm. Se midió la absorbancia de los sistemas preparados (tabla 3 y 4), enjuagando la celda con agua.



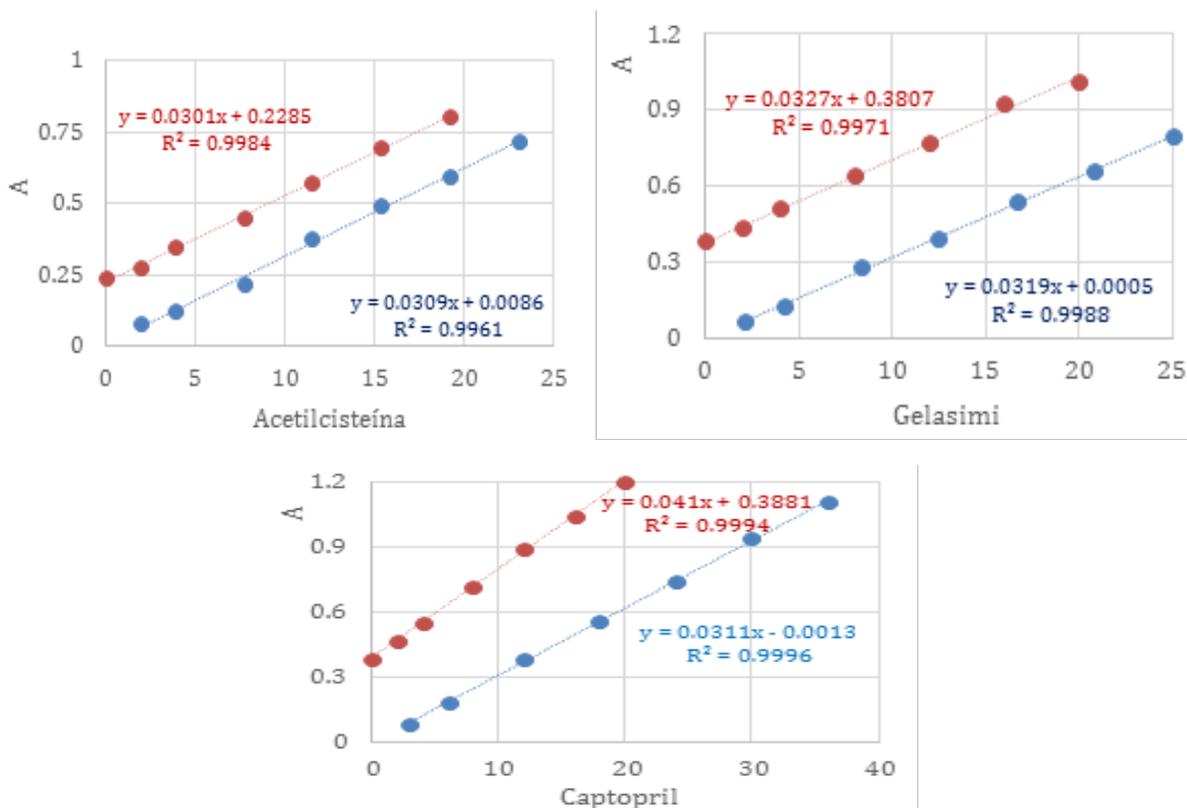
**Figura 3.** Curva de calibración empleando captopril ( $n=3$ )

En la figura 3 se observa que los resultados se ajustan a una línea recta, el coeficiente de determinación es mayor de 0.98 y la ordenada al origen es cercana a cero, siendo adecuada para la determinación en las muestras (Guía de validación CNQFB). De esta curva también se puede calcular el coeficiente de absortividad molar de la especie  $\text{Cu}(\text{Neo})_2^+$ -complejo cuproso, el cual es de  $6761 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$  a 455nm. En la Tabla 5 se presentan las absorbancias de las soluciones problemas, así como los resultados para las muestras analizadas.

**Tabla 5.** Resultados obtenidos para las soluciones problema preparadas para la curva de calibración (n=3)

		peso muestra (mg)	Absorbancia	[Activo] ppm	mg/muestra
<b>Captopril</b> 25mg/tab	n 1	58	0.638	20.55	25.45
	n 2	58	0.638	20.55	25.45
	n 3	59	0.647	20.84	25.39
<b>Acetilcisteína</b> 600mg/tab	n 1	41	0.248	4.65	547.69
	n 2	41	0.250	4.69	552.26
	n 3	40	0.241	4.51	544.97
<b>Cisteína</b> 50mg/gragea	n 1	230	0.260	4.53	19.01
	n 2	229	0.250	4.36	18.36
	n 3	229	0.251	4.34	18.43

*Curva de calibración vs. Curva de adición patrón*



**Figura 4.** Curva de calibración (azul) vs curva de adición patrón (rojo) empleada para cada muestra.

Se procedió a preparar las curvas de calibración para cada muestra, utilizando como estándar (de grupo tiol) al captopril. Como se observa en la figura 4, al comparar la curva de calibración con la de adición patrón, en el caso del medicamento acetilcisteína y del suplemento alimenticio gelasimi (que contiene cisteína) la pendiente de ambas curvas es similar, como indican las ecuaciones de las rectas, lo que indica que el efecto matriz no interfiere en la determinación. En el caso del captopril la pendiente no es tan similar, lo cual se le puede atribuir a un error experimental o cambio de equipo de medición, lo que se evaluará en experimentos posteriores.

### *Curva de adición patrón*

En la tabla 6 se presentan los resultados de las réplicas de las curvas de adición patrón preparadas en este trabajo.

**Tabla 6.** Resultados obtenidos para las muestras analizadas por curva de adición patrón.

		peso muestra (mg)	[Activo] ppm	mg/muestra
<b>Captopril</b> 25mg/tab	n 1	57	10.85	21.89
	n 2	55	1063	22.23
	n 3	60	11.83	22.67
<b>Acetilcisteína</b> 600mg/tab	n 1	44	13.62	597.68
	n 2	38	11.40	579.01
	n 3	42	12.97	595.96
<b>Cisteína</b> 50mg/gragea	n 1	227	6.49	27.57
	n 2	228	6.83	28.42
	n 3	233	6.82	28.23

Una vez realizada la cuantificación de las tres muestras, por triplicado con ambos métodos de cuantificación, se pueden comparar los resultados obtenidos (Tabla 7).

**Tabla 7.** Resultados experimentales por ambos métodos de cuantificación para las muestras de interés.

	Curva de calibración		Curva de adición patrón	
	Captopril	Promedio	25.43mg/tab	Promedio
C.V		0.13%	C.V	1.76%
Cuantificado		101.72%	Cuantificado	89.04%
Acetilcisteína	Promedio	548.31mg/tab	Promedio	590.96 mg/tab
	C.V	0.67%	C.V	1.74%
	Cuantificado	91.38%	Cuantificado	98.46%
Cisteína	Promedio	18.60 mg/tab	Promedio	28.42 mg/tab
	C.V	1.92%	C.V	1.58%
	Cuantificado	37.2%	Cuantificado	56.84%

El porcentaje de contenido en los medicamentos (captopril y acetilcisteína) es cercano o superior al 90% mientras que para el suplemento alimenticio (cisteína) es menor al 60% de lo indicado en el marbete. En todos los casos se observa que el C.V. para las tres muestras es menor del 2% para tres replicas.

Es importante mencionar que la variación observada en los resultados para el mismo medicamento o suplemento entre los métodos puede ser causado por la estabilidad cinética del sistema, debido a que se observó que la absorbancia disminuye con el paso del tiempo; esto se debe considerar para experimentos posteriores.

## Conclusiones

Se cuantificó el principio activo (que contienen grupos tioles) en dos medicamentos con diferente principio activo y también en un suplemento alimenticio, por dos métodos de cuantificación.

Para la cuantificación en las tres réplicas de cada muestra se obtiene un CV menor al 2% y en los medicamentos porcentajes de contenido es mayor al 90%, sin embargo, se propone hacer un estudio cinético para determinar el mejor tiempo de análisis.

El suplemento alimenticio tuvo un porcentaje bajo de contenido con respecto al marbete, lo cual es posible debido a que este tipo de producto no tiene un control tan estricto como un medicamento o bien, relacionado a los otros componentes presentes en este.

## Agradecimientos

A la UNAM DGAPA por el apoyo al proyecto PAPIME PE208921: Fortalecimiento de la enseñanza de la Química Analítica Instrumental en la FES-Cuautitlán, mediante actividades/evaluaciones sincrónicas y asincrónicas, así como metodologías de aprendizaje activo basadas en proyectos aplicados a problemas reales.

A la FESC UNAM por el apoyo a la cátedra de investigación CI2244 Implementación de Métodos de Separación y/o espectroscópico para la Cuantificación de Analitos en muestras de interés.

## Referencias

Apak R., Güçlü K., Özyürek M., Bektaş oğlu B., Benner M. (2008). Ensayo de capacidad antioxidante reductora de iones cúpricos para antioxidantes alimentarios: vitaminas, polifenoles y flavonoides en extractos alimentarios. En: Armstrong D. (eds.) *Protocolos avanzados en estrés oxidativo I. Métodos en biología molecular*, vol. 477. Humana Press.

Bardi M.F. (2011). *Caracterización de la acidez y nucleofílica de tioles de bajo peso molecular y proteicos*. Facultad de Ciencias, Universidad de la República.

Escribano M.J. (2004) *Estabilidad de fórmulas magistrales de metadona y captopril*. Universidad Complutense de Madrid.

Guía de validación de métodos analíticos, CNQF.

# IMPLEMENTACIÓN DE UN MÉTODO POR CROMATOGRAFÍA DE GASES PARA LA DETERMINACIÓN DE ÁCIDOS GRASOS VOLÁTILES EN FLUIDO RUMINAL

*Oscar Mario Moreno Bernal, Pablo Hernández Matamoros, Alma Luisa Revilla Vázquez\**

*Laboratorio de Desarrollo de Métodos Analíticos L-401, FES-Cuautitlán, UNAM.  
[oscarm.moreno97@gmail.com](mailto:oscarm.moreno97@gmail.com), [pablohdez@unam.mx](mailto:pablohdez@unam.mx), [almarv@unam.mx](mailto:almarv@unam.mx)*

## Resumen

Los métodos analíticos han sido de gran importancia a lo largo de los tiempos, ya que son una herramienta que sirve para la identificación y/o cuantificación de compuestos químicos de interés en muestras diversas, por ello hoy en día es normal ver la implementación u optimización de métodos analíticos. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos de la implementación de un método para la determinación de ácidos grasos volátiles mediante la técnica de cromatografía de gases para utilizarlo en la cuantificación de estos analitos en muestras de líquido ruminal para evaluar el cambio de concentración relacionado a la suplementación de selenio en rumiantes.

**Palabras clave:** Ácidos grasos volátiles (AGV), Estándar Interno (EI), Líquido ruminal. Cromatografía de Gases.

---

## Antecedentes

El líquido ruminal se encuentra en el rumen que es un saco anóxico, el cual contiene líquido gástrico, microorganismos y comida sin digerir, los microorganismos que están presentes en el rumen son bacterias, protozoarios y hongos, los cuales realizan un proceso de fermentación microbiana, donde sus principales productos son el ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico, estos ácidos también son conocidos como ácidos grasos volátiles de cadena corta. (Araujo Febres & Vergara Lopez, 2007)

Los ácidos grasos volátiles (AGV) son compuestos de cadenas carbonadas de no más de seis carbonos en su estructura, dichos ácidos se pueden encontrar en los procesos de digestión bacteriana, en aromatizantes alimentarios, así como en conservadores. Dichos ácidos al ser compuestos volátiles, con puntos de ebullición menor a 250°C pueden ser analizados empleando la técnica de cromatografía de gases que ofrece una gran capacidad de separación y una mayor sensibilidad del detector de ionización de flama FID comparado con un espectrofotómetro UV en el análisis de estos AGV (Interreg ecoval sudoe, 2022).

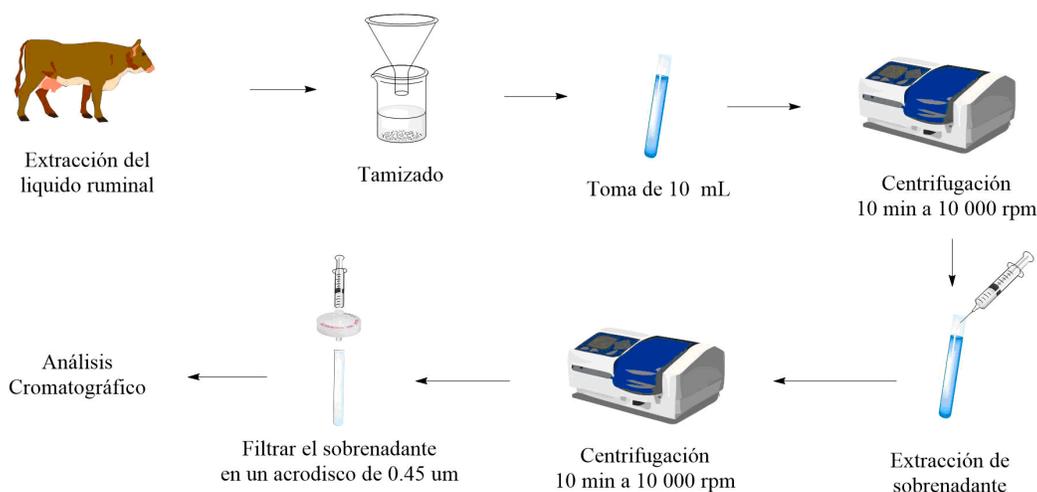
Dicha técnica pone en contacto dos fases mutuamente inmiscibles (fase estacionaria y fase móvil) donde una muestra se introduce en la fase móvil (un gas inerte), es transportada a lo largo de una columna que contiene la fase estacionaria distribuida en forma de recubrimiento, logrando que los componentes de la muestra se separen gradualmente, el componente menos retenido por la fase estacionaria eluye primero y el más retenido al final observándose su separación al pasar por algún sistema de detección.

## Objetivo

Implementar una metodología analítica que permita identificar y cuantificar el contenido de AGV mediante cromatografía de gases con detección de ionización de flama en muestras de fluido ruminal para evaluar la suplementación de Selenio en rumiantes.

## Parte experimental

Soluciones preparadas	Equipo
<p>Ácido acético (a) 2521 mg/L (41.98 mM), ácido propiónico (b) 1197 mg/L (16.15 mM), ácido butírico (c) 1168 mg/L (13.25 mM)</p> <p>y ácido Crotonico (d) 1520 mg/L (17.65 mM), como estándar interno (EI).</p>	<p>Columna PE-WAX 60m, 0.25mm DI, 0.25um</p> <p>Cromatógrafo GC-PLUS 2010</p> <p>Detector de Ionización de Flama</p> <p>Temperatura 80°C; 10°/min; 230°C, 2min.</p>



**Figura 1.** Tratamiento realizado al fluido ruminal.

La muestra de líquido ruminal fue facilitada por el Centro de Estudios Agropecuarios (CEA) de FESC-UNAM y fue tratado de con acuerdo lo que esquematiza la figura 1.

### Linealidad del sistema

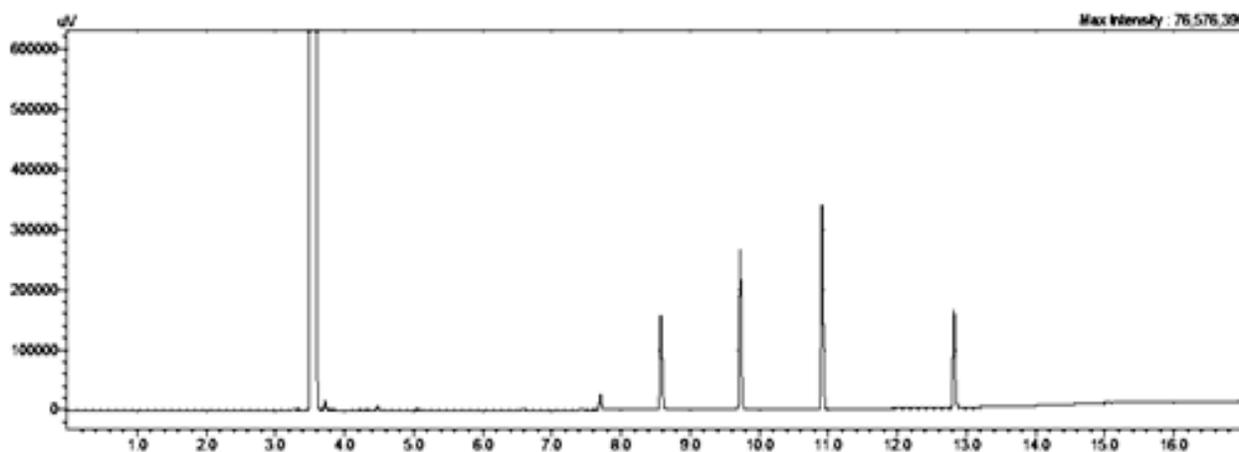
Con las soluciones preparadas se mezclan los volúmenes indicados en la tabla 1 para la elaboración de una curva de calibración indirecta.

**Tabla 1.** Preparación de sistemas para linealidad.

Solución/Sistema	1	2	3	4	5
[AGV] (mL)	0.5	1	2	3	4
[EI] (mL)	1	1	1	1	1
Volumen de Aforo (mL)	5	5	5	5	5

## Resultados y discusión

Para determinar la adecuabilidad del sistema, se inyectó por triplicado 1  $\mu\text{L}$  de la solución mezcla de estándares. La figura 2 muestra el cromatograma de los tres picos de los analitos y del ácido crotónico, usado como estándar interno (EI), la separación de estos compuestos se logra con buena resolución.



**Figura 2.** Mezcla de estándares: ácido (a) acético, (b) propiónico, (c) butírico y (d) crotónico

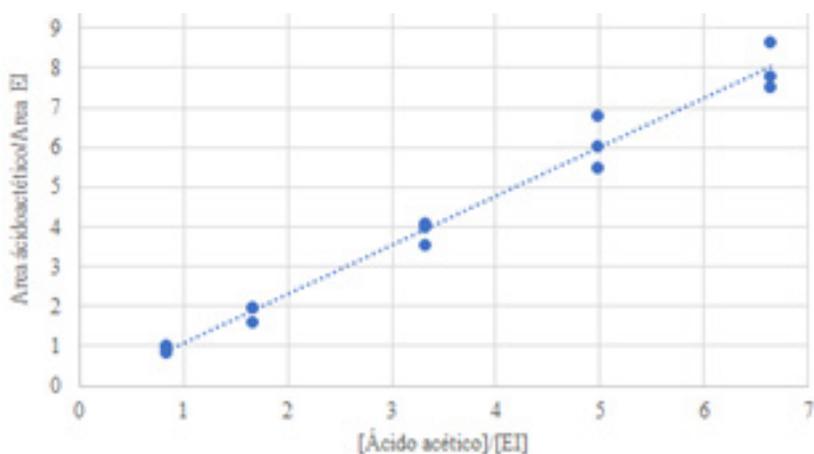
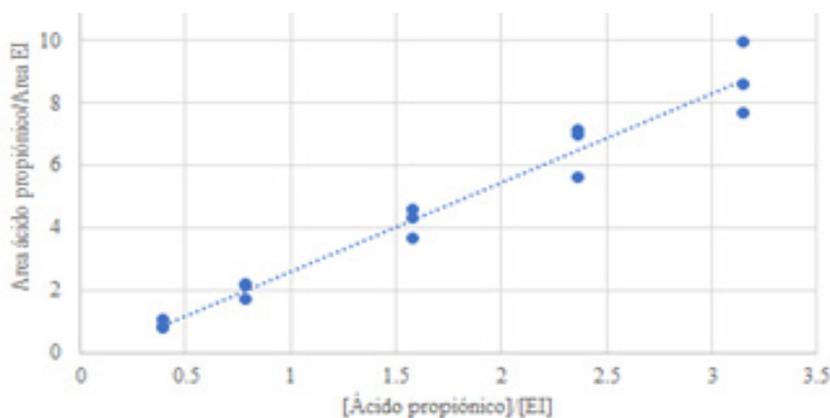
La tabla 2 muestra que los coeficientes de variación son menores al 2% tanto para el tiempo de retención como para la relación de las áreas de los analitos con respecto al estándar interno, lo que demuestra que la adecuabilidad del sistema tiene buen comportamiento.

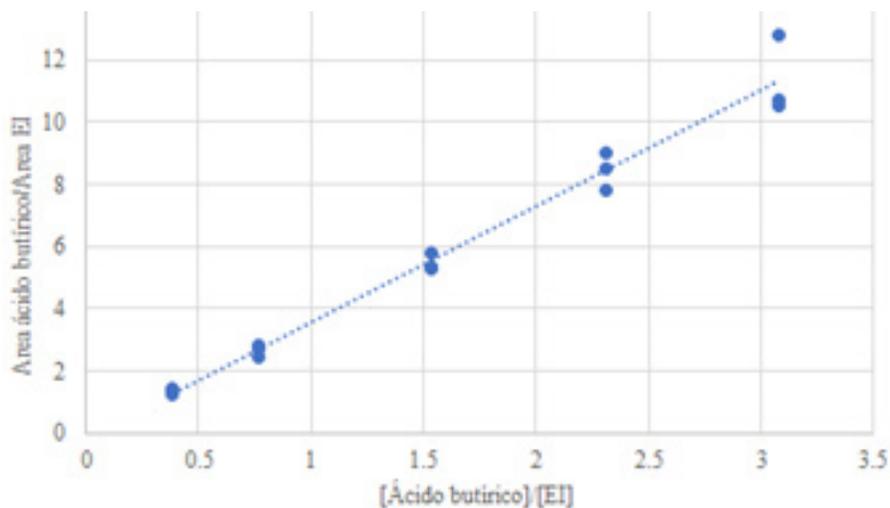
**Tabla 2.** Coeficiente de variación (%) para adecuabilidad del sistema\*.

Tiempo de retención				Áreas		
A	P	B	E	A/E	P/E	B/E
0.04	0.04	0.02	0.02	1.39	0.79	0.14

\*A= ácido acético, P= ácido propiónico, B= ácido butírico y E= ácido crotonico (EI).

De igual forma, para la determinación de la linealidad del sistema se inyectó 1  $\mu\text{L}$  para cada sistema preparado como se indicó en la tabla 1. Los resultados se presentan en las figuras 3 a la 5.

**Figura 3.** Curva de calibración de ácido acético.**Figura 4.** Curva de calibración de ácido propiónico.



**Figura 5.** Curva de calibración de ácido butírico.

La tabla 3 contiene los parámetros estadísticos de la curva de calibración para los tres analitos de interés, los coeficientes de determinación son mayores a 0.98, a excepción para el ácido propiónico. Con estos resultados preliminares se considera que el sistema presenta linealidad, aunque es necesario mejorar la reproducibilidad de la inyección en experimentos futuros, que varios puntos de la curva de calibración tienen una dispersión considerable.

**Tabla 3.** Parámetros relacionados a las curvas de calibración.

Analito	pendiente	ordenada	R <sup>2</sup>	*LD (ppm)	*LC (ppm)
A	1.231	-0.135	0.98	0.929	3.099
P	2.847	-0.222	0.96	0.632	2.109
B	3.736	-0.178	0.98	0.451	1.505

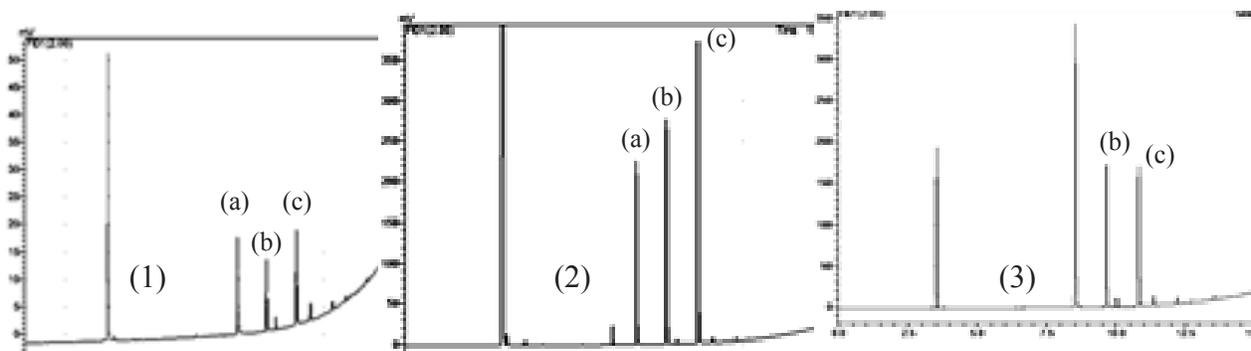
\* *Limite Detección (LD) y límite de cuantificación (LC)*

Por otra parte, los límites de detección están en un rango de 0.45 - 0.93 ppm y los límites de cuantificación están en un rango de 1.50-3.1 ppm.

Posteriormente se llevó a cabo la inyección del líquido ruminal previamente tratado (figura 3) donde se observa una separación adecuada de los analitos de interés. Para verificar que estas señales corresponden a los analitos, la muestra se fortifica y se nota

un incremento en el área de los picos respectivos.

Por último, el líquido ruminal tiene un pH entre 6-7, por lo que se acidulo con ácido meta fosfórico para favorecer la presencia de las especies neutras de los AGV que son más volátiles que las especies cargadas. Lo anterior se confirma al observar que el área de cada pico y la proporción de áreas de los analitos es diferente en la muestra acidulada con respecto al líquido ruminal.



**Figura 3.** Cromatogramas obtenidos para (1) líquido ruminal, (2) líquido ruminal fortificado y (3) líquido ruminal acidulado con ácido fosfórico. Picos: (a) ácido acético, (b) ácido propiónico y (c) ácido butírico.

Posteriormente se llevó a cabo la inyección del líquido ruminal previamente tratado (figura 3) donde se observa una separación adecuada de los analitos de interés. Para verificar que estas señales corresponden a los analitos, la muestra se fortifica y se nota un incremento en el área de los picos respectivos. Por último, el líquido ruminal tiene un pH entre 6-7, por lo que se acidulo con ácido meta fosfórico para favorecer la presencia de las especies neutras de los AGV que son más volátiles que las especies cargadas. Lo anterior se confirma al observar que el área de cada pico y la proporción de áreas de los analitos es diferente en la muestra acidulada con respecto al líquido ruminal.

## Conclusiones.

Se desarrollo un método que permite la separación, identificación y cuantificación de AGV en las condiciones cromatográficas seleccionadas.

Las curvas de calibración presentan una tendencia lineal, con límites de detección y cuantificación adecuados para la determinación de estos AGV en el líquido ruminal,

como se comprobó con el análisis de una muestra real de un animal sano.

## Agradecimientos

A la UNAM DGAPA por el apoyo al **proyecto PAPIIT TA200323** Efecto de la suplementación de selenio a través de bolos intraruminales sobre la respuesta antioxidante, enzimática, histológica, parámetros productivos y calidad de la canal en ovinos y caprinos y al **proyecto PAPIME PE208921** Fortalecimiento de la enseñanza de la Química Analítica Instrumental en la FES-Cuautitlán, mediante actividades/ evaluaciones sincrónicas y asincrónicas, así como metodologías de aprendizaje activo basadas en proyectos aplicados a problemas reales.

A la FESC UNAM por el apoyo a la cátedra CI2244 Implementación de Métodos de Separación y/o espectroscópicos para la Cuantificación de Analitos en muestras de interés

## Referencias

- Araujo Febres, O., & Vergara Lopez, J. (2007). Propiedades físicas y químicas del rumen. *Arch.Latinoam.Prod. Anim.*, 15, 133-140.
- Cela, R., Lorenzo, R. A., & Casais, M. (2003). *Técnicas de separación en química analítica*. España: Síntesis .
- Holcombe, H. (1998). *The fitness for purpose of analytical methods. A. Interreg ecoval sudoe*. (03 de 01 de 2022). Obtenido de Interreg ecoval sudoe: <https://ecoval-sudoe.eu/que-son-los-acidos-grasos-volaticos/>
- Zavaleta de Lucio, E. (1976). Los ácidos grasos volátiles, fuente de energía en los rumiantes. *Ciencia Veterinaria*, 223-240.

# ESTUDIO PRELIMINAR DEL POTENCIAL CATALÍTICO DE UN COMPLEJO CICLOPALADADO *CNS* DERIVADO DE UNA ARILHIDRAZONA EN LA REACCIÓN DE ACOPLAMIENTO MIZOROKI-HECK

*Alberto Reyes Deloso, José Guillermo Penieres Carrillo, Fernando Ortega Jiménez\**

*FES-Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México, [sheva\\_deloso@comunidad.unam.mx](mailto:sheva_deloso@comunidad.unam.mx), [penieres@unam.mx](mailto:penieres@unam.mx), [fdo.ortega@unam.mx](mailto:fdo.ortega@unam.mx)*

## Resumen

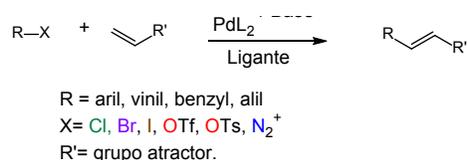
En este trabajo se presentan los estudios preliminares del potencial catalítico que adquiere la reacción de acoplamiento cruzado Mizoroki-Heck al utilizar un nuevo complejo ciclopaladado tridentado no simétrico *CNS* que combina una funcionalidad hidrazona con un fragmento tioéter el cual ha sido sintetizado en el grupo de investigación. Este complejo sintetizado Dentro de los estudios preliminares del potencial catalítico que se realizaron para el complejo ciclopaladado en la reacción de acoplamiento cruzado Mizoroki-Heck, fue la búsqueda de las condiciones óptimas de reacción, lo que involucra encontrar dentro de una reacción modelo la concentración óptima del catalizador (complejo ciclopaladado), así como la mejor base, disolvente y fuente de energía de activación, para así obtener la mejor actividad y eficiencia catalítica.

**Palabras clave:** complejo ciclopaladado, paladaciclos, arilhidrazona, acoplamiento Mizoroki-Heck, ligante tridentado no simétrico, actividad catalítica, eficiencia catalítica.

## Antecedentes

Los complejos ciclopaladados o bien paladaciclos conocidos desde la década de los sesenta, son derivados muy populares y extensamente investigados como intermediarios de reacción y como catalizadores en reacciones de acoplamiento C-C y C-Het. (Bedford et al., 2003) Los paladaciclos son objeto de un enorme interés dentro de la química organometálica debido a su gran estabilidad, a la posibilidad de modular su reactividad y a sus numerosas aplicaciones en diferentes áreas, como medicina, ciencia de materiales o síntesis orgánica. A pesar de los numerosos paladaciclos que se conocen conteniendo iminas o aminas terciarias, son escasos los derivados que contienen arilhidrazonas y, por ello, su reactividad se encuentra escasamente explorada (Astruc, 2007).

El uso de los complejos ciclopaladados como catalizadores en reacciones de acoplamiento presenta un gran número de ventajas, ya que su síntesis es muy simple, lo que permite modular tanto sus propiedades electrónicas como estéricas cambiando, por ejemplo, el tamaño del metalociclo (Heck & Dieck, 1975). Una de las primeras aplicaciones reportadas sobre el uso de paladaciclos en reacciones de acoplamiento C-C, fue la proveniente de la ciclometalación de tris-(o-tolil)fosfina por Hermann-Beller, a partir de ahí la química de los compuestos organopaladados ha recibido un especial interés, el cual aún sigue floreciendo (Grasa et al., 2002). En la actualidad existen cientos de artículos sobre el uso de paladaciclos como precursores catalíticos en reacciones de acoplamiento C-C, del tipo Mizoroki-Heck y Suzuki-Miyaura (Molander et al., 2002). En particular, el acoplamiento tipo Mizoroki-Heck, implica la formación de un enlace carbono-carbono a partir de un halogenuro de arilo o vinilo, que reacciona con un compuesto vinílico deficiente de electrones, en presencia de un catalizador de paladio y empleando una base (Esquema 1), (Oestreich, 2009).



Esquema 1. Reacción de acoplamiento Mizoroki-Heck

Las metodologías establecidas por Heck, Negishi y Suzuki son hoy en día herramientas poderosas y necesarias para la construcción de moléculas más complejas en síntesis orgánica y existen cientos de grupos de investigación a lo largo y ancho del mundo trabajando en la aplicación, adaptación y mejora de estos procedimientos con otros sustratos y otros metales en procesos catalíticos. Estas mejoras se han centrado principalmente en el desarrollo de aditivos diseñados para actuar como ligandos y entre los que destacan los basados en fosfinas y más recientemente carbenos heterocíclicos, (Dong-Rong et al., 2012).

Así, hoy en día es posible llevar a cabo esta reacción a temperatura ambiente incluso empleando los poco reactivos, pero económicamente más asequibles cloruros de arilo como electrófilos (Mino et al., 2008). Por otro lado, nuevas metodologías alternas al calentamiento convencional tales como las microondas (MW), el ultrasonido (US), la triboquímica o mecanoquímica y la radiación infrarroja (IR), han tenido un gran crecimiento en los últimos años. En particular las MW han sido aplicadas en la síntesis orgánica y la catálisis, las reacciones de acoplamiento no han sido la excepción, permitiendo un dramático descenso en los tiempos de reacción, medios más limpios y generalmente con la obtención de rendimientos altos (Mandal, 2019).

Por su parte, la irradiación infrarroja (IR) es una fuente de energía que se utiliza normalmente para el uso y aplicaciones espectroscópicas, como calentamiento no convencional ha sido apenas explorado en comparación con otros (Ruvalcaba et al., 2000). Algunos ejemplos en síntesis orgánica han demostrado que la irradiación infrarroja promueve eficientemente, reacciones de condensación, reacciones de oxidación, la síntesis de compuestos heterocíclicos, reacciones de Diels-Alder, entre otras (Martínez et al., 2016). No obstante, hasta nuestro mejor conocimiento, hay pocos precedentes en la literatura con respecto al uso de esta fuente de energía en reacciones de acoplamiento C-C (Ortega-Jiménez et al., 2015).

## Objetivo

Sintetizar un compuesto derivado de arilhidrazona con un fragmento tioéter y que sea capaz de ser usado como ligante tridentado CNS para obtener un complejo ciclopaladado no simétrico, y realizar estudios preliminares que demuestren que el paladaciclo sintetizado tenga actividad catalítica al ser utilizado como catalizador en la reacción de acoplamiento Mizoroki-Heck.

## Metodología experimental

Los reactivos utilizados fueron, 1-(*feniltio*)propan-2-ona, *N,N*-fenilhidrazina hidrocloreada, acetato de sodio, cloruro de paladio (II), cloruro de sodio, 4-yodotolueno y metil acrilato. Los espectros de Resonancia Magnética Nuclear de  $^1\text{H}$  (300 MHz) y  $^{13}\text{C}$  (75MHz), se realizaron en un espectrómetro VARIAN +300 MHz, utilizando como disolvente cloroformo deuterado empleando tetrametilsilano (TMS) como referencia interna.

### *Síntesis del ligante arilhidrazona*

En un matraz de bola de 50 mL equipado con una barra magnética, se adiciona 1 mmol de 1-(*feniltio*)propan-2-ona, 1.2 mmol de hidrazina hidrocloreada, 1.4 mmol de acetato de sodio, en 10 mL de metanol. Posteriormente se deja en agitación a temperatura ambiente durante 96 horas. Al finalizar el tiempo de reacción se procede a realizar una extracción con 10 mL de agua y 3 x 10 mL de acetato de etilo, la fase orgánica extraída se seca con sulfato de sodio y se elimina el disolvente en rotavapor. La purificación se realizó mediante una cromatografía en columna, utilizando alúmina neutra como fase estacionaria y un sistema 97:3 de hexano/acetato de etilo como fase móvil, utilizando el rotavapor para la eliminación del disolvente, con una temperatura máxima de 30°C, obteniéndose un sólido de color amarillo, con un punto de fusión de 88-89°C y su respectiva caracterización espectroscópica (RMN  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$ ).

### *Síntesis del complejo ciclopaladado*

En un matraz de 50 mL con dos bocas, equipado con una barra magnética, se agrega 0.5 mmol de cloruro de paladio, 1 mmol de cloruro de sodio en 8 mL de agua, la mezcla se colocó a reflujo con IR durante 10 minutos, esto, para la formación de tetracloropaladato de sodio ( $\text{Na}_2\text{PdCl}_4$ ), al concluir el tiempo, se inyectan 0.5 mmol del ligante de arilhidrazona previamente disuelto en 4 mL de etanol, se deja en agitación a temperatura ambiente durante 72 horas. Al finalizar el tiempo de reacción se procede a realizar una extracción con 10 mL de agua y 3 x 10 mL de diclorometano, la fase orgánica extraída se seca con sulfato de sodio y se elimina el disolvente en rotavapor. Posteriormente se realiza una cromatografía en columna, utilizando alúmina neutra como fase estacionaria y un sistema 60:40 de hexano/diclorometano como fase móvil, utilizando el rotavapor para la eliminación del disolvente obteniendo un

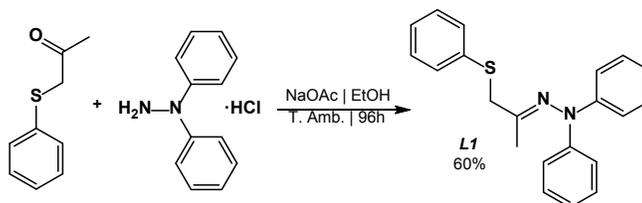
sólido color violeta con punto de fusión de 223-224°C y su respectiva caracterización espectroscópica (RMN  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$ ).

#### *Evaluación catalítica Mizoroki-Heck.*

En un matraz de bola de 25 mL se colocaron 0.25 mmol de 4-yodotolueno, 0.30 mmol de metil acrilato, 0.5 mmol de base, en 2 mL de dimetilformamida (DMF), y el complejo ciclopalado. La mezcla de reacción se colocó a refluxo empleando radiación infrarroja (IR) como fuente de calentamiento. La reacción fue seguida por cromatografía en capa fina, una vez finalizada la reacción la mezcla se enfrió y al matraz se le agregaron 10 mL de agua y se extrajo con hexano (3 x 10 mL), la parte orgánica se secó con sulfato de sodio anhidro. Finalmente, se obtuvo un sólido cristalino color blanco y a este se le determinó el punto de fusión.

## Resultados y discusión

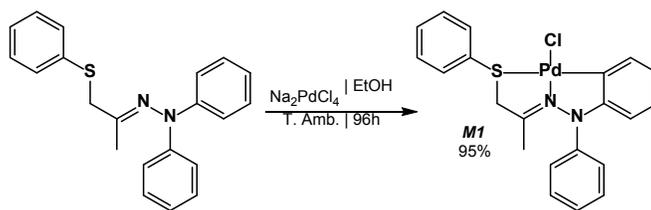
La preparación del ligante no simétrico tridentado *CNS* basado en arilhidrazona (**L1**) se llevó a cabo mediante una reacción clásica de condensación entre 1-(*feniltio*)propan-2-ona y la *N,N*-difenilhidrazina hidrociorada, como se muestra en la Esquema 2.



**Esquema 2.** Síntesis del ligante **L1**

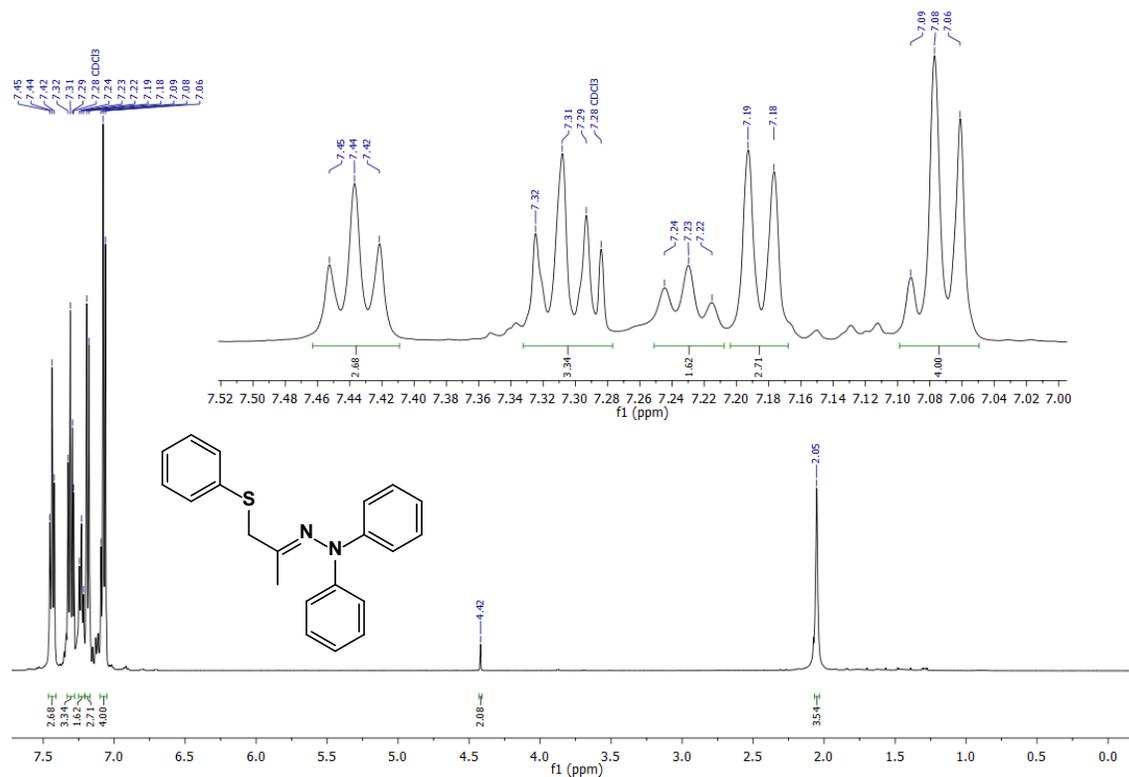
El compuesto **L1** fue obtenido como un sólido cristalino de color amarillo con punto de fusión 180-182°C en un rendimiento del 60%. Su estructura fue establecida con RMN  $^1\text{H}$  como se muestra en la Figura 1.

Por su parte, la síntesis del complejo ciclopaladado derivado del ligante tridentado, se llevó a cabo mediante una reacción típica de ciclopaladación entre el ligante **L1** y tetracloropaladato producido de manera *in-situ* a partir de cloruro de sodio y cloruro de paladio (II) Esquema 3.



**Esquema 3.** síntesis del complejo ciclopladado **M1**

El complejo ciclopladado M1 se aisló como un sólido cristalino de color violeta con punto de descomposición de 235-237°C a descomposición y en un rendimiento del 95%, de igual forma que el ligante, una vez aislado el complejo se realizó su respectiva caracterización mediante RMN de  $^1\text{H}$  (Figura 2) en el cual se pudo observar el cambio considerable en la multiplicidad de las señales demostrando una ortopaladación característica de este tipo de complejos ciclopladados.

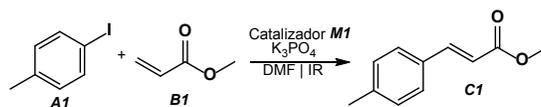


**Figura 1.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz) para el ligante **L1**

Una vez obtenido el complejo ciclopaladado *M1*, se llevó a cabo la evaluación del potencial catalítico, en la reacción de acoplamiento tipo Mizoroki-Heck asistida por irradiación infrarroja.

Para el estudio catalítico se utilizó como reacción modelo el acoplamiento entre 4-yodotolueno y acrilato de metilo, en primera instancia se analizó la concentración del catalizador. De acuerdo con resultados previos, para esta evaluación se utilizaron  $K_3PO_4$  como base, DMF (*N,N*-dimetilformamida) como disolvente e inicialmente se utilizó 0.5% mol de catalizador el cual dada la cantidad se adicionó a través de una disolución [ $2.5 \times 10^{-5}$  M] (en DMF), la reacción se llevó a cabo a reflujo utilizando como fuente de calentamiento (IR) **Tabla 1**.

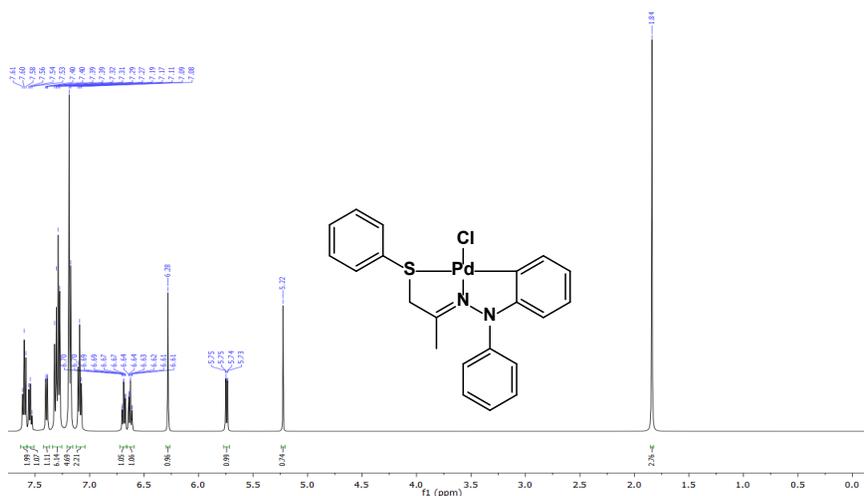
**Tabla 1.** Evaluación catalítica de la reacción Mizoroki-Heck en función de la concentración de catalizador **M1**.



Entrada	% mol <i>M1</i>	t (min) <sup>a</sup>	Rend. <i>C1</i> (%) <sup>b</sup>
1	0.5	30	81
2	0.2	20	85
3	0.1	15	79
4	<b>0.05</b>	<b>15</b>	<b>91</b>

<sup>a</sup> determinado por el consumo total de **A1** en ccf

<sup>b</sup> rendimiento del producto **C1** aislado.

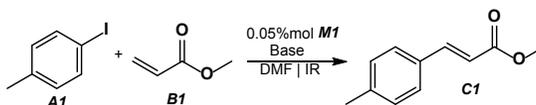


**Figura 2.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  ( $\text{CDCl}_3$ , 300 MHz) para el complejo ciclopladado **M1**

Como se puede observar, la carga de catalizador [Pd] al 0.05% (Entrada 4, **Tabla 1**) presentó un mayor rendimiento a diferencia de las otras pruebas con concentraciones más altas de catalizador por lo cual esta concentración es óptima para la reacción de ciclopladación obteniendo una alta actividad y eficiencia catalítica.

Una vez encontrada la concentración óptima de catalizador, se procedió a evaluar la base para el acoplamiento, en esta parte de la evaluación se comparó el rendimiento utilizando diferentes las bases tales como:  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , KOAc y  $\text{K}_3\text{PO}_4$ , además de una base orgánica, trietilamina ( $\text{Et}_3\text{N}$ ); los resultados obtenidos se presentan a continuación en la **Tabla 2**.

**Tabla 2.** Evaluación catalítica de la reacción Mizoroki-Heck en función de diferentes Bases.



Entrada	Base	t (min) <sup>a</sup>	Rend. C1 (%) <sup>b</sup>
1	$\text{K}_3\text{PO}_4$	15	91
2	$\text{CH}_3\text{CO}_2\text{K}$	15	84
3	$\text{Et}_3\text{N}$	15	34
4	$\text{K}_2\text{CO}_3$	15	16

<sup>a</sup> determinado por el consumo total de **A1** en ccf

<sup>b</sup> rendimiento del producto **C1** aislado.

Se pudo observar que el  $K_3PO_4$  presentó el mejor rendimiento (**Entrada 1, Tabla 2**), en comparación de las demás bases, las cuales representan una disminución considerable en cuanto al rendimiento de la reacción, a pesar de que el acetato de potasio tuvo un rendimiento del 84% (**Entrada 2, Tabla 2**). Debido a estos resultados se determinó que el  $K_3PO_4$  es la mejor base para realizar la reacción de acoplamiento Mizoroki-Heck, utilizando el complejo ciclopaladado sintetizado **M1** Adquiriendo una alta actividad y eficiencia catalítica.

## Conclusiones

Fue posible sintetizar un ligante derivado de aril hidrazona fusionado con un fragmento tioéter (**L1**).

Se llevo a cabo la síntesis de un complejo ciclopaladado tridentado no simétrico derivado de arilhidrazona **CNS (M1)** con excelentes rendimientos.

Se demostró que el paladaciclo sintetizado (**M1**) tiene una alta actividad y eficiencia catalítica al ser probada en la reacción de acoplamiento Mizoroki-Heck, y a su vez se adquirieron resultados importantes para determinar las condiciones óptimas como lo son la concentración de catalizador y la base para este acoplamiento.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNAM-DGAPA por el financiamiento del proyecto PAPIIT-IN210721 y al Programa Cátedras de Investigación CI2221 FES Cuautitlán.

## Referencias

- Astruc, D. (2007). *Organometallic Chemistry and Catalysis*. Springer.
- Bedford, R. B., Cazin, C. S. J., Coles, S. J., Gelbrich, T., Horton, P. N., Hursthouse, M. B., & Light, M. E. (2003). High-Activity Catalysts for Suzuki Coupling and Amination Reactions with Deactivated Aryl Chloride Substrates: Importance of the Palladium Source. *Organometallics*, *22*, 987.
- Dong-Rong, X., Qun-Li, L., Jian-Ping, T., Zhi-Fu, L., & Wen-Hui, N. (2012). Suzuki–Miyaura Coupling of Aryl Iodides, Bromides, and Chlorides Catalyzed by Bis(thiazole) Pincer Palladium Complexes. *Journal Organic Chemistry*, *77*, 8332–8337.
- Grasa, G. A., Viciu, M. S., Huang, J., Zhang, C., Trudell, M. L., & Nolan, S. P. (2002). Suzuki–Miyaura Cross-Coupling Reactions Mediated by Palladium/Imidazolium Salt Systems. *Organometallics*, *21*, 2866–2873.
- Heck, F. R., & Dieck, H. A. (1975). Palladium catalyzed synthesis of aryl, heterocyclic and vinylic acetylene derivatives. *Journal of Organometallic Chemistry*, *93*, 259–263.
- Mandal, B. (2019). Alternate Energy Sources for Sustainable Organic Synthesis. *ChemistrySelect*, *4*(28), 8301–8310.
- Martínez, J., Miranda, R., & Escobedo-González, R. (2016). Infrared Irradiation: Toward Green Chemistry, a Review. *International Journal of Molecular Sciences*, *17*, 453.
- Mino, T., Kajiwara, K., Shirae, Y., Sakamoto, M., & Fujita, T. (2008). Room-Temperature Palladium-Catalyzed Allyl Cross-Coupling Reaction with Boronic Acids Using Phosphine-Free Hydrazone Ligands. *Synlett*, *17*, 2711–2715.
- Molander, G. A., Machrouhi, F., & Katona, B. W. (2002). Development of the Suzuki–Miyaura Cross-Coupling Reaction: Use of Air-Stable Potassium Alkynyltrifluoroborates in Aryl Alkynylations. *Journal Organic Chemistry*, *67*, 8416–8423.
- Oestreich, M. (2009). *The Mizoroki–Heck Reaction*. John Wiley & Sons.
- Ortega-Jiménez, F., Penieres-Carrillo, J. G., Ortega-Alfaro, M. C., López-Cortes, J. G., Domínguez-Villa, F. X., & Rosas-Sánchez, A. (2015). An expedient approach to enhance Mizoroki–Heck coupling reaction by infrared irradiation using palladacycle compounds. *Applied Organometallic Chemistry*, *29*, 556–560.
- Ruvalcaba, R. M., Arroyo, G., & Alcerreca, G. (2000). Preparation of Benzylidene Barbituric Acids Promoted by Infrared Irradiation in Absence of Solvent. *Synthetic Communications*, *30*, 1295–1301.

# DETERMINACIÓN DE MERCURIO EN MATERIA PRIMA Y MEDICAMENTOS MEDIANTE LA FORMACIÓN DEL DITIZONATO, EN MEDIO CLOROFORMO

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

*Laboratorio de Desarrollo de Métodos Analíticos, L-401, FES-Cuautitlán. UNAM. Av. 1° Mayo S/N, Santa Ma. Guadalupe las Torres, Cuautitlán Izcalli, Edo. de Méx. C.P. 54740.  
[cgoarturo1@gmail.com](mailto:cgoarturo1@gmail.com), [almarv@unam.mx](mailto:almarv@unam.mx), [pablohdez@unam.mx](mailto:pablohdez@unam.mx)*

## Resumen

La Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos (FEUM) es el documento expedido por la Secretaría de Salud que consigna los métodos generales de análisis y los requisitos sobre identidad, pureza y calidad de los medicamentos, fármacos, aditivos, materias primas, medicamentos, productos biológicos y biotecnológicos, y es un documento de seguimiento oficial al ser una norma oficial mexicana. Es importante su actualización continua a fin de incluir los avances tecnológicos, además, de contemplar el cuidado del medio ambiente, metodologías sencillas, rápidas y accesibles, armonizando con las demás farmacopeas tales como la USP o la farmacopea europea. En este trabajo se plantea la optimización del método MGA 0551. Prueba límite de mercurio a fin de disminuir los volúmenes de disolventes y residuos químicos y a la vez fundamentar las condiciones para realizarla a fin de que la comunidad que emplea este método tenga claro dicho fundamento.

**Palabras clave:** ditizona, mercurio, quelato, impureza, medicamento.

## Antecedentes

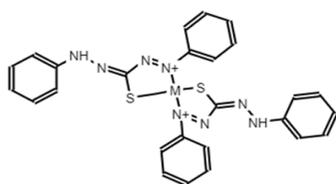
La FEUM en los capítulos de materias primas, fármacos y preparados farmacéuticos contempla la determinación de mercurio como impureza. Dentro del capítulo de métodos generales de Análisis (Tomo I), se incluye el MGA 0551 Prueba Límite de Mercurio. El método visual de análisis se basa en la reacción de quelación entre el mercurio y la ditizona, formando el ditizonato de mercurio -Hg(II)- en medio cloroformo, trabajando con un sistema con dos fases inmiscibles entre sí; una fase acuosa con la solución problema y la ditizona en fase orgánica, a este tipo de sistemas se les conoce de extracción líquido-líquido (Watty, 1982).

La relación del soluto en dos disolventes está dada por una constante  $K_D$  y la siguiente expresión:

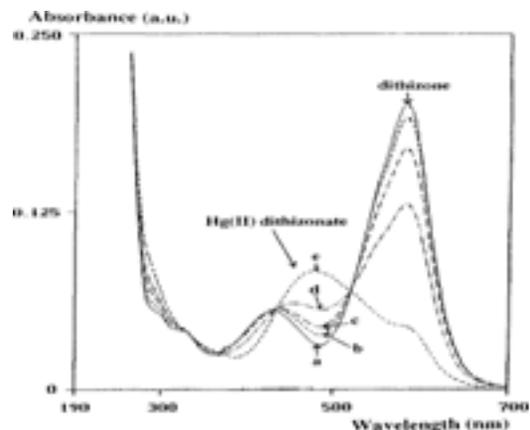
$$K_D = c_1 / c_2$$

$KD$  = coeficiente de partición o distribución.  
 $c_1$  = concentración del soluto en el disolvente 1  
 $c_2$  = concentración del soluto en el disolvente 2

La ditizona (figura 1) en un medio orgánico reacciona al contacto con diversos metales proporcionando una coloración específica a cada metal, en el caso del ditizonato de mercurio  $Hg(Dz)_2$ , presenta coloración naranja brillante (figura 2).



**Figura 1.** Ditizonato de Hg  
( $M = Hg$ ), (Falfán, 2018)



**Figura 2.** Espectros de absorción  
para Dz y  $Hg(Dz)_2$  a Hg(II) en pg:  
0 a, 10 b, 25 c, 50 d, 100 e  
(Théraulaz F., 1994).

La metodología reportada en la FEUM maneja volúmenes absurdamente altos, como son por ejemplo 250 mL de ácido sulfúrico y 1,125 mL de cloroformo para la determinación. Además, la proporción fase acuosa: fase orgánica está muy desproporcionada, lo que dificulta la determinación visual del punto de equivalencia. Por lo anterior, en este trabajo se busca optimizar la metodología farmacopeica a fin de disminuir el gasto de reactivos y mejorar la determinación visual.

## Objetivo

Optimizar la metodología farmacopeica reportada (MGA 0551 Prueba Límite de Mercurio, método I quelometría, (FEUM 13.0), determinación de mercurio con ditizona, para facilitar la determinación visual y disminuir tanto el gasto de reactivos como la generación de residuos.

## Parte experimental

Se prepararon las siguientes soluciones:

*Ditizona  $6.24 \times 10^{-5}$  M: 10 mg de ditizona se aforan a 25 mL de cloroformo. Se hace una dilución 1 mL a 25 mL*

*Ácido Sulfúrico 0.5M: Se usaron 7 mL de  $H_2SO_4$  grado analítico se aforó a 250 mL.*

*Mercurio M. 0.013 g de  $HgCl_2$  se disuelve y afora a 10 mL con  $H_2SO_4$  0.5M. Se diluye después 1 mL a 50 mL con ácido sulfúrico 0.5 M (Solución diluida de mercurio)*

## Valoración Farmacopeica.

En un embudo de separación se añade 1 mL de la solución diluida de mercurio, 100 mL de  $H_2SO_4$  0.5 M, 90 mL de agua destilada, 1.9 g de hidroxilamina y finalmente 1 mL de ácido acético glacial. Se añade ditizona en alícuotas de 0.5 mL, se agita y retira la fase clorofórmica, esto se repite hasta que al agregar la solución de ditizona no cambiara de color (verde oscuro) a naranja brillante. Se repite el procedimiento usando agua destilada para corroborar cómo se vería la mezcla sin formación del complejo.

### *Propuestas de valoración para reducir volúmenes:*

**Propuesta 1:** En un embudo se coloca 1 mL de la solución de mercurio diluido, 10 mL de agua, 10 mL de  $H_2SO_4$  0.5 M, 0.5 mL de ácido acético glacial y 2.03 g de hidroxilamina, (volumen aproximadamente 10 veces menor). Se realiza la valoración con adiciones de 0.5 mL, agitando la mezcla y retirando el medio clorofórmico.

**Propuesta 2:** Se plantea realizar la valoración en un matraz Erlenmeyer de 50 mL con agitación vigorosa y sin necesidad de retirar la fase clorofórmica. para esto se coloca de alícuota 5 mL de la solución de mercurio M y valorándose con la solución de Ditizona.

**Propuesta 3:** Se plantea hacer la valoración (propuesta 2) colocando de manera inversa el analito y el valorante para lo cual se colocan 5 mL de ditizona como alícuota y se valora con la solución de mercurio M.

### **Análisis de interferencias**

Se realizaron mezclas de mercurio con posibles metales interferentes para probar si afectarían los resultados de la valoración, los interferentes evaluados fueron: Fe(II), Fe(III), Pb(II) y As(III). Se realizaron mezclas, donde la relación Hg(II):Metal interferente fueron a) 1:50, b) 1:20 y c) 1:1.

### **Muestras comerciales analizadas**

**Croferron** (peso promedio tableta = 0.3028 g). Se pesan 0.307g, se digieren con 20 mL de una mezcla de  $HNO_3$ :  $H_2SO_4$  (1:1), se calienta por 60 minutos, se enfría y afora a 50mL con  $H_2SO_4$  0.5M. Se procede con la valoración con Ditizona 0.016 mg/mL.

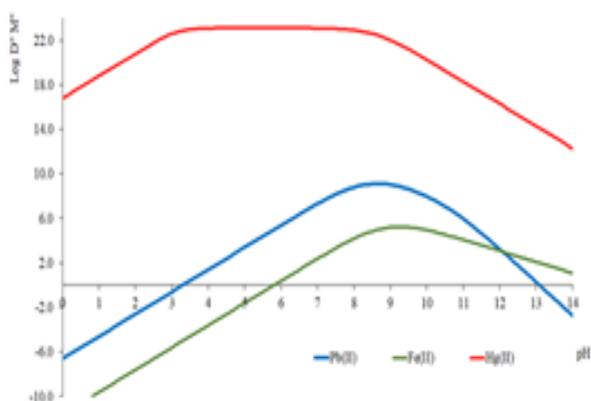
**Hemobion** (peso promedio tableta = 0.323 g). Se pesan 0.306 g, se digieren con 20 mL de una mezcla de  $HNO_3$ :  $H_2SO_4$  (1:1), se calienta por 45 minutos, se enfría y afora a 50 mL con  $H_2SO_4$  0.5M. Se realiza la valoración con Ditizona 0.016 mg/mL.

**Salud Total** (peso promedio tableta = 0.36 g). Se pesan 0.35g, se digieren con 20 mL de una mezcla de  $HNO_3$ :  $H_2SO_4$  (1:1), se calienta por 45 minutos, se enfría y afora a 50 mL con  $H_2SO_4$  0.5 M. Se hace la valoración con Ditizona 0.016 mg/mL.

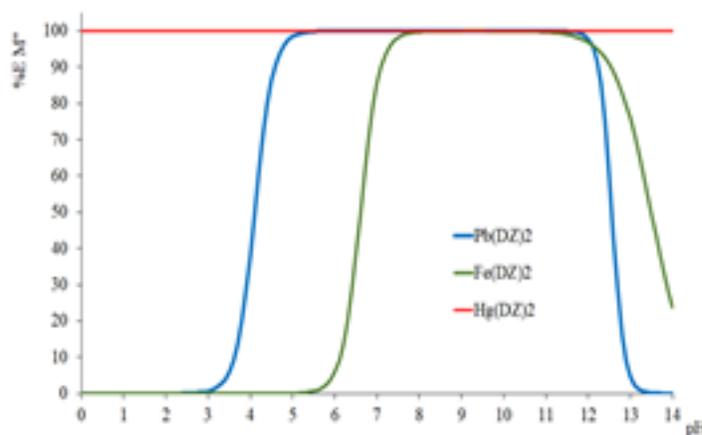
## Resultados y discusión

Siendo que se encuentran reportadas las constantes de extracción, complejación y solubilidades por Ringbom (1979) tanto para el mercurio, como para los otros metales que están indicados como impurezas en las muestras de materia prima de sulfato y fumarato ferroso, se realizarán los diagramas de extracción y recobro a las condiciones experimentales planteadas en la FEUM, para evaluar si la extracción es selectiva a mercurio como se supone.

Como se observa en la figura 3, la extracción de mercurio se puede realizar de manera selectiva desde pH cero hasta pH de 3.0 sin interferencia de alguno de los otros metales, lamentablemente no hay datos reportados para Arsénico, el otro metal considerado dentro de las posibles impurezas en las materias primas relacionadas a esta prueba. Además, la extracción de Fe(II) componente principal de la materia prima, comienza a ser significativa a pH's superiores de 6.0, por lo que el control del pH es suficiente para asegurar la selectividad de la extracción del mercurio (figura 4).

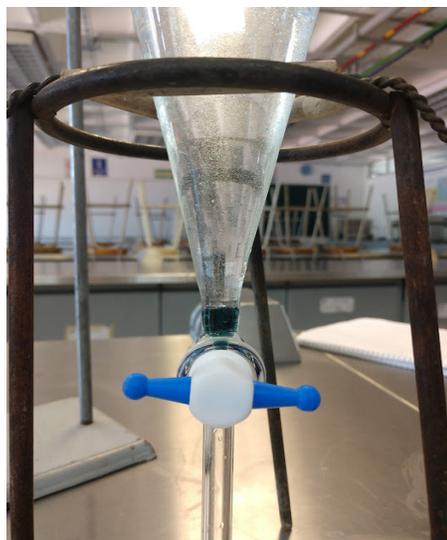


**Figura 3.** Diagrama Log  $D'$  para los ditizonatos metálicos



**Figura 4.** Recobro (%) en función de pH.

## Valoración Farmacopeica



**Figura 5.** *Determinación farmacopeica (blanco agua)*



**Figura 6.** *Metodología FEUM, método I: quelación (mercurio std  $9.97 \times 10^{-5} M$ )*

En la figura 5 se observa el sistema blanco, en cada adición no hay cambio de color, se tiene la fase acuosa incolora y la fase clorofórmica verde (por la ditizona) en tanto en la figura 6 se observa la fase orgánica naranja debido al ditizonato de mercurio. Se gastaron 4.75 mL de ditizona al punto de equivalencia, tras cada adición, hay que agitar vigorosamente y retirar la fase clorofórmica, lo cual lo hace un procedimiento cansado y tardado.

### Propuestas de valoración para reducir volúmenes:

#### *Propuesta 1 (reducción de volúmenes)*

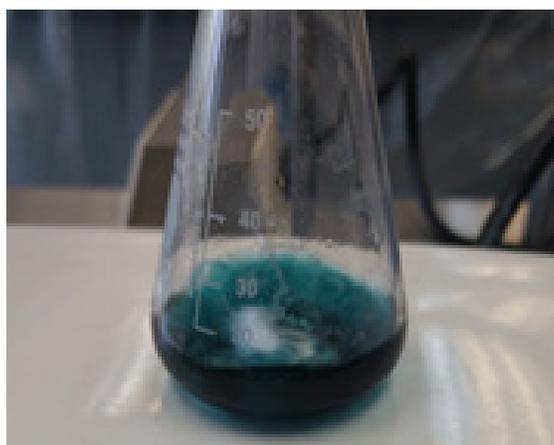
Como se observa en la figura 7, el volumen de la fase orgánica se visualiza mejor, por lo que se percibe el cambio de color de manera más adecuada.



**Figura 7.** Metodología alternativa, propuesta 1 (disminución de volúmenes).

### ***Propuesta 2 (valoración en continuo)***

A fin de agilizar la valoración, se cambió el embudo de separación por matraz Erlenmeyer y barra de agitación, sólo cabe mencionar que se necesita tener una agitación vigorosa que ayude al mezclado de las fases (Figura 8), pero en lo que respecta a la visualización del punto de equivalencia, es posible realizarla fácilmente.



**Figura8** Metodología alternativa, propuesta 2 (valoración en continuo).

### Propuesta 3

Para que la valoración se apreciará de mejor manera, se coloca en el caso una alícuota de la solución de ditizona y como valorante la solución problema, observándose el cambio de manera más drástico al llegar al punto de equivalencia.

De las 3 metodologías propuestas, se considera que la propuesta 3, es la que permite de manera más sencilla, determinar el cambio de color al punto de equivalencia (figura 9), porque es hasta que desaparece el color verde de la ditizona y se observa solamente el color naranja, que se determina el volumen al punto de equivalencia. Con la metodología propuesta, se cumple el objetivo de reducir los reactivos empleados, los residuos generados (Tabla 1) y se mejora la determinación visual.

**Tabla 1.** Comparación de las metodologías evaluadas

Metodologías	FEUM	Propuesta 3
Cantidad de reactivos a usar	Ditizona: 40 mg Mercurio: 135.4 mg Cloroformo: 1,100 mL	Ditizona: 10 mg Mercurio: 13 mg Cloroformo: 50 mL
Componentes utilizados durante la metodología	1 mL de solución de mercurio 100 mL de ácido sulfúrico 90 mL de agua 10 mL de Hidroxilamina Varía Ditizona	5 mL de Ditizona Varía Mercurio
Procedimiento	Detener la valoración en cada adición para realizar agitación Agitación manual Fase en la cual se aprecia la formación de complejo muy pequeña	Realizar cada adición de manera pausada Agitación automática Fase de formación del complejo bastante apreciable
Residuos generados	1,500 mL	Menos de 100 mL

### Análisis de posibles interferencias

Al realizar las valoraciones con las mezclas preparadas con presencia de metales interferentes y mercurio no presentaron problemas para la visualización de la formación del ditizonato de mercurio y la detección del volumen al punto de equivalencia, de

hecho, no se observó la presencia de algún otro color, por lo que se asume que no se forma ningún otro quelato, lo cual es consistente con lo que indica el diagrama de extracción y recobro (fig. 4 y 5), que a pH igual a 0, solo el ditizonato de mercurio es el que se forma.

### **Análisis de Muestras comerciales**

Como se observa en la figura 9, en la muestra original no se aprecia cambio de color en la valoración, sin embargo, al hacer adicionar mercurio se observa el cambio de color de verde (ditizona) a naranja (ditizonato de mercurio), al agregar 1.6 mL de ditizona (Volumen al punto de equivalencia).

En el caso de los otros medicamentos, Salud total y Hemogen, no se determinó la presencia de mercurio en la muestra comercial, solo hasta que se fortificó con 20 ppm de mercurio, se vio la formación del complejo



**Figura 9.** Valoración CROFERRON. Izquierda. muestra original, derecha. muestra fortificada con mercurio (20 ppm)

### **Conclusiones**

Se llevó con éxito la modificación de la metodología farmacopeica, que incluye la reducción de las cantidades usadas de disolventes y reactivos, así como una menor generación de residuos químicos peligrosos, obteniendo un método más económico y ecológico. Además, se demostró mediante los diagramas que las condiciones experimentales garantizan que la reacción sea selectiva aún en presencia de otros metales por lo que es un método confiable para la determinación específica de mercurio.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNAM DGAPA por el apoyo al proyecto PAPIME PE208921: Fortalecimiento de la enseñanza de la Química Analítica Instrumental en la FES-Cuautitlán, mediante actividades/evaluaciones sincrónicas y asincrónicas, así como metodologías de aprendizaje activo basadas en proyectos aplicados a problemas reales. También a la FESC UNAM por el apoyo a la Cátedra de investigación CI2244: Implementación de métodos de separación y/o espectroscópicos para la cuantificación de analitos en muestras de interés.

## Referencias

- Falfán E. (2018) Cinética de Isomerización de Ditizonato de Mercurio (II). Octubre 16, 2021, UNAM. Consultado 20 de noviembre de 2022: [https://www.academia.edu/37405647/Cin%C3%A9tica\\_de\\_isomerizaci%C3%B3n\\_d\\_el\\_ditizonato\\_de\\_mercurio\\_II](https://www.academia.edu/37405647/Cin%C3%A9tica_de_isomerizaci%C3%B3n_d_el_ditizonato_de_mercurio_II)
- FEUM 13.0. (2021). Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos Consultado 20 de noviembre de 2022: <https://www.farmacopea.org.mx/index.php?m=1&sb=3&f=0>
- Ringbom, A. (1979). Formación de complejos en química analítica. España: Alhambra.
- Théraulaz, F., Thomas O. (1994). Complexometric Determination of Mercury(II) in Waters by Spectrophotometry of its Dithizone Complex. Austria: Mikrochimica Acta.
- Watty M. (1982) Química Analítica España, Universidad Iberoamericana.

# REMOCIÓN DE COBRE PRESENTE EN SOLUCIÓN ACUOSA POR MEDIO DE ADSORCIÓN, EMPLEANDO ÓXIDO DE GRAFENO Y ÓXIDO DE GRAFENO FUNCIONALIZADO CON EDTA

*Mónica González Castañeda, Jairo Ismael Ruiz Jimenez, Verónica Janette Cedeño Garcidueñas\*, Claudia Palomares Rodríguez*

*Laboratorio de Ingeniería Ambiental, Departamento de Ciencias Ambientales, Instituto Tecnológico del Valle de Morelia, Kilometro 6.5, Colonia Los Ángeles, Morelia, Michoacán, 58100, México, [veronica.cg@vmorelia.tecnm.mx](mailto:veronica.cg@vmorelia.tecnm.mx), [jimenezjairo27@hotmail.com](mailto:jimenezjairo27@hotmail.com), [moniglez2908@gmail.com](mailto:moniglez2908@gmail.com)*

## Resumen

La contaminación del agua por la presencia de metales pesados como el Plomo (Pb), Mercurio (Hg) y Cobre (Cu) ha incrementado debido al aumento de las actividades industriales a nivel mundial. Estos metales representan un riesgo al ambiente y a la salud humana, debido a que son elementos bioacumulativos, altamente tóxicos, además, de su potencial carcinogénico. Es por esto, que en el presente trabajo se propone el uso de Óxido de grafeno (OG) y Óxido de grafeno funcionalizado con EDTA (OG-EDTA) como una posible alternativa para la remoción de Cu presente en solución acuosa. Se realizaron pruebas de adsorción de Cu con ambos materiales y se caracterizaron empleando un Microscopio Electrónico de Barrido (MEB). Los resultados de la investigación muestran que el OG tiene un mayor porcentaje de remoción de Cu en comparación con el OG-EDTA.

**Palabras clave:** Contaminación, Cobre, OG, OG-EDTA, Porcentaje de remoción, Adsorción.

## Antecedentes

La contaminación por metales pesados se ha convertido en una problemática ambiental y de salud pública preocupante, debido a que son elementos bioacumulativos, altamente tóxicos y cuentan con un alto potencial carcinogénico (G. Zhao *et al.*, 2011). Por mencionar un ejemplo, la absorción de Pb, Hg y  $\text{Cu}^{2+}$  en los seres humanos puede causar alergias, asma, alteraciones endocrinas, desarrollo anormal de las glándulas mamarias, daños en el sistema nervioso y reproductor, problemas renales, hepáticas e inmunológicos, neurotoxicidad, obesidad, enfermedades cardiovasculares, discapacidad intelectual, malformaciones en fetos, cáncer, diabetes y problemas con la tiroides (Chamorro, *et al.*, 2022).

El cobre es un metal que puede estar presente en el agua potable debido a la corrosión de las tuberías en los hogares, erosión de depósitos naturales, al igual por la adición de Sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ) para el control de algas en las plantas de potabilización. En concentraciones altas, el cobre le brinda un sabor desagradable al agua (Cárdenas *et al.*, 2017), sin embargo, esto no es peligroso para los humanos, siempre que no se excedan los 3mg/L (Torres *et al.*, 2007). Los niveles de cobre disponible en el ambiente aumentan en áreas donde se desarrollan actividades antropogénicas como la descarga de aguas residuales, minería, agricultura, industria automotriz, fabricación de pinturas, entre otros (Yamamoto, *et al.*, 1985).

Por lo anterior mencionado, ha aumentado la preocupación científica en la búsqueda de técnicas y metodologías para la remoción de  $\text{Cu}^{2+}$  presente en el agua; algunas opciones disponibles corresponden a la fitorremediación (Torres *et al.*, 2007), precipitación química, intercambio iónico, neutralización, separación por membranas, floculación, biotratamientos, ultrafiltración y adsorción, esta última es, un método sencillo, económico y prometedor, en el cual intervienen dos elementos: el adsorbato (que corresponde al contaminante) y el adsorbente, siendo este el material al cual se adsorberá o quedarán retenidos los iones de  $\text{Cu}^{2+}$  disueltos en el agua (Cui *et al.*, 2015).

El OG es un material que ha sido de gran interés en la comunidad científica como potencial adsorbente para la remoción de colorantes y metales pesados como el  $\text{Pb}^{2+}$  y el  $\text{Cu}^{2+}$ ; consiste en una red de átomos de carbono  $\text{sp}^2$  similar a la del grafeno, pero que incluye grupos funcionales intercalados que contienen oxígeno, cuenta con gran movilidad de electrones, con elasticidad longitudinal elevada y con una gran área de superficie específica, que le permite funcionalizarse a través de la unión de agentes en sus sitios activos de unión (Colom *et al.*, 2020 y He *et al.*, 2021).

Los grupos funcionales oxigenados introducidos en la estructura del grafeno pueden

permitir que se expanda la separación entre las capas, aumentando la hidrofiliidad y la solubilidad del OG en varios solventes comunes y económicos (Colom *et al.*, 2020). Además, con la presencia de grupos (-OH o COOH) que se obtienen de la funcionalización del OG, se pueden lograr uniones químicas entre el grafeno y otros materiales para así formar materiales con propiedades híbridas y abrir aún más las posibilidades de nuevas propiedades y aplicaciones adicionales para el área electrónica, dispositivos de almacenamiento de energía, sensores, entre otros (Becerril *et al.*, 2008).

Uno de los compuestos con los que se puede funcionalizar el OG es el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) el cual es un ácido orgánico utilizado como quelante: tiene 6 ligantes polidentados, que le permite retener a los metales pesados como una especie de pinza (Waldo, 1997).

## Objetivo

Evaluar la adsorción de metales pesados como el Cobre en solución acuosa, mediante la aplicación de OG y OG-EDTA.

## Parte experimental

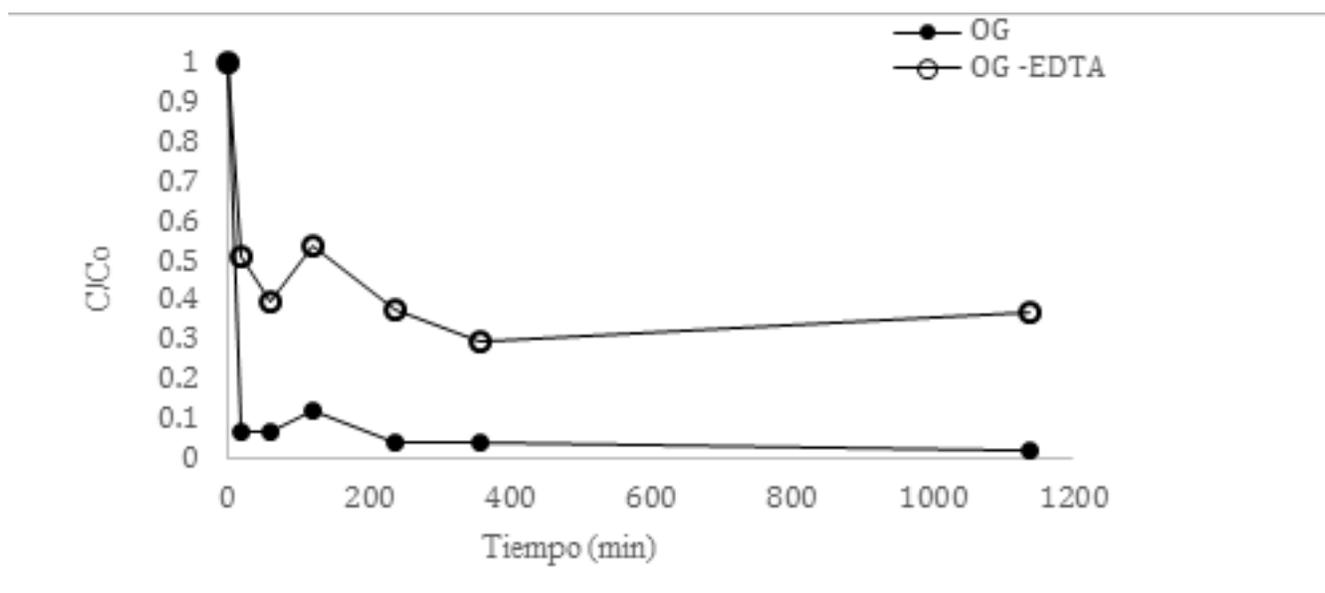
Se realizaron pruebas de adsorción de Cu con ambos materiales (OG y OG - EDTA): Primero se preparó una solución madre de 40ppm de Sulfato de cobre ( $\text{CuSO}_4$ ), se utilizaron 100mL de esta solución para cada tipo de material. Ambos materiales fueron sometidos a agitación, al transcurrir 0, 20, 60, 120, 240, 360 y 1140 minutos se tomaron 3ml de solución de cada material, para posteriormente depositar en viales, teniendo como resultado 14 muestras.

Por otro lado, se prepararon soluciones de diferentes concentraciones con estándar de cobre con la finalidad de construir la curva de calibración. La cuantificación de cobre se realizó mediante el método colorimétrico de Batocuproína, el cual consiste en tomar un 1mL de solución de la muestra a analizar y adicionar 5ml de solución de Hidroxilamina, Citrato de sodio y Batocuproína, una vez que la solución se torna de color café dorado, una porción de esta es colocada en la celda y llevada al espectrofotómetro para realizar la lectura de absorbancia correspondiente, para posteriormente con ello determinar el porcentaje de remoción de cobre.

Además, los materiales se caracterizaron mediante Microscopio Electrónico de Barrido (MEB), con el fin de conocer su morfología superficial y su composición química.

## Resultados y discusión

En la siguiente imagen se muestra graficada la cinética de adsorción realizada para el OG y OG – EDTA, teniendo en el eje de las ordenadas la relación  $C/C_0$  y tiempo en el eje de las abscisas, donde se puede observar que el experimento para el OG el equilibrio logra alcanzarse aproximadamente a los 200 minutos, en cambio para el OG-EDTA se alcanza después de los 400 minutos. Por otro lado, cabe mencionar que el proceso de adsorción es más rápido en el caso del uso de OG que durante los primeros 20 minutos logra una adsorción de cobre significativa, tal como se muestra en la Figura 1 y como se describe a continuación con relación al porcentaje de remoción.



**Figura 1.** Cinética de adsorción de OG y OG – EDTA.

En cuanto al porcentaje de remoción, los resultados indican en la siguiente Tabla 1, donde el OG tiene un porcentaje de remoción de 97.72% después de 24 horas, en comparación con el 62.8% que presenta la muestra a las mismas condiciones con OG-EDTA. Cabe señalar que a los veinte minutos de este experimento el OG ya contaba con el 93.18% de remoción, mientras que el OG-EDTA con el 48.02% aproximadamente.

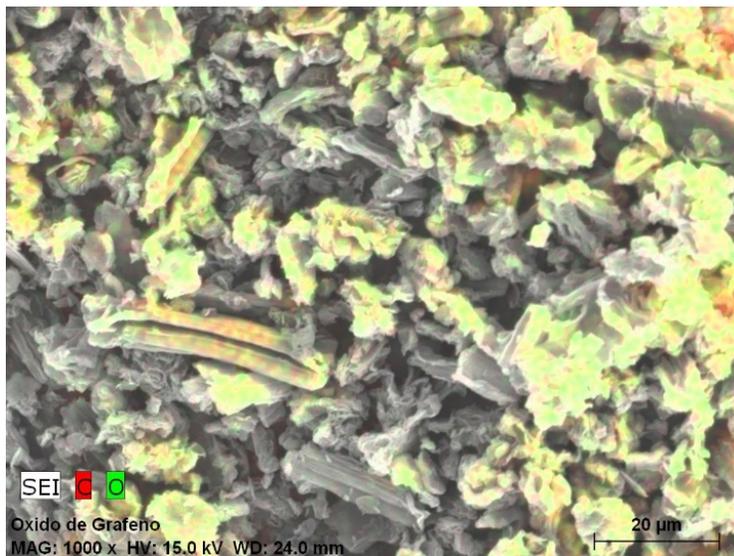
Tabla 1. Porcentaje de remoción de Cobre para OG y OG-EDTA.

Óxido de Grafeno		
Tiempo (Minutos)	Concentración ppm	% Remoción
20	2.727	93.18
60	2.727	93.18
120	5	87.5
240	1.704	95.74
360	1.818	95.45
1140	0.909	97.72
Óxido de Grafeno - EDTA		
20	20.79	48.02
60	16.36	59.1
120	21.81	45.47
240	15.56	61.1
360	15.68	60.8
1140	14.88	62.8

Respecto al análisis MEB, el mapeo realizado permitió identificar la existencia y distribución de carbono y oxígeno en la superficie de los materiales, así como sus características morfológicas superficiales.

Se determinó entonces, que el OG cuenta con orillas poco afiladas y estructuras laminares, en las que se distribuye de manera homogénea el oxígeno (color verde) y carbono (color rojo) presente en su superficie (Figura 2).

Por otro lado, en la superficie del OG-EDTA se puede observar hojuelas afiladas y cúmulos de material los cuales muestran textura superficial semejante a huecos, así como también protuberancias parecidas a burbujas. De igual manera, se identifica que el oxígeno se localiza principalmente en los cúmulos, sin embargo, en estos mismos se puede observar la presencia, aunque más escasa de carbono, observándose esta mayor frecuencia en las aglomeraciones de láminas, dónde también hay presencia de oxígeno mucho más homogénea (Figura 3).



**Figura 2.** Mapeo del OG a 1000x.



**Figura 3.** Mapeo del OG-EDTA a 1000x.

## Conclusiones

El OG tiene una mayor capacidad de remoción de Cu en solución acuosa en comparación con el OG-EDTA, denotando además la rapidez con la cual alcanza el 90% de remoción de cobre en tan solo 20 minutos, esta capacidad de adsorción podría deberse a que el OG tiene un mayor área superficial disponible, esto de acuerdo con lo que se puede observar en las imágenes de MEB, así como también, su contenido y distribución homogénea de Oxígeno en su superficie, sin embargo, es necesario que se realicen análisis que permitan conocer el área superficial, los grupos funcionales presentes y su distribución en la superficie de los materiales.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo brindado por la Dra. Verónica Janette Cedeño Garcidueñas en el desarrollo de este proyecto, así como al Laboratorio de Ingeniería Ambiental del Departamento de Ciencias Ambientales en el Instituto Tecnológico del Valle de Morelia por facilitarnos el espacio y materiales requeridos.

## Referencias

- Becerril HA, Man J, Liu Z, Stoltenberg RM, Bao Z, Chen Y. (2008). Evaluation of solution processed reduced graphene oxide films as transparent conductors. *ACS Nano*; 2:463.
- Chamorro, M. R., Gamero, A. M., & Sucari, H. R. (2022). Contaminantes medioambientales en la lactancia materna: una perspectiva de salud pública. *Atencion Primaria*, 54(5).
- Cárdenas López, J. J., & Romero Perdomo, N. M. (2017). *Análisis de contaminantes en el agua para consumo humano de la población urbana del municipio de Coello, Tolima, Colombia*. [Tesis Doctoral, Universidad Piloto de Colombia].
- Colom, X., Cañavate, J., Lis, M. J., Sanjuan, G., & Gil, I. (2020). Análisis estructural de Óxidos de Grafeno (GO) y Óxidos de Grafeno reducidos (rGO). *Afinidad*, 77(591).
- Cui, L., Wang, Y., Gao, L., Hu, L., Yan, L., Wei, Q., & Du, B. (2015). EDTA functionalized magnetic graphene oxide for removal of Pb (II), Hg (II) and Cu (II) in water treatment: adsorption mechanism and separation property. *Chemical engineering journal*, 281, 1-10.
- G. Zhao, J. Li, X. Ren, C. Chen, X. Wang. (2011). Few-layered graphene oxide nanosheets as superior sorbents for heavy metal ion pollution management. *Environ. Sci. Technol.* 45, 10454–10462.
- He, Y., Yi, C., Zhang, X., Zhao, W., & Yu, D. (2021). Magnetic graphene oxide: Synthesis approaches, physicochemical characteristics, and biomedical applications. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 136.
- Torres, G., Navarro, A., Languasco, J., Campos, K., Cuizano, N. (2007). Estudio preliminar de la fitorremediación de cobre divalente mediante *Pistia stratioides* (lechuga de agua). *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 3 (1): 13-20.
- Walco SA (1997). *Todo sobre los Quelatos*. Vol. 0.1; 27 - VII - 1997.
- Yamamoto, H., Tatsuyama, K., and Uchiwa, T. (1985). Fungal flora of soil polluted with copper. *Soil Biol. Biochem.* 17(6),785.

# VALIDACIÓN DE LOS MÉTODOS A MICROESCALA PARA LA DETERMINACIÓN DE CLORUROS Y CLORO RESIDUAL Y SU COMPARACIÓN CON LAS DETERMINACIONES CLÁSICAS DE LAS NORMAS

*Leonardo García Melo<sup>1</sup>, Julio Cesar Morales Mejía<sup>2</sup>,  
María Gabriela Vargas Martínez\*<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Lab. Desarrollo de Métodos Analíticos, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán,  
Universidad Nacional Autónoma de México, [gvargasm@unam.mx](mailto:gvargasm@unam.mx)*

*<sup>2</sup>Laboratorio de Ingeniería Química Ambiental y Fotoquímica. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán,  
Universidad Nacional Autónoma de México, [mmjc\\_80@yahoo.com.mx](mailto:mmjc_80@yahoo.com.mx)*

## Resumen

En este trabajo se llevó a cabo la validación de dos métodos analíticos a microescala, el primero para la determinación de a) cloruros y para b) cloro libre residual (o cloro en forma activa) en agua potable. Las propuestas a microescala se realizaron con la finalidad de reducir los volúmenes utilizados en los métodos de las normas oficiales NMX-AA-073-SCFI-2001 y NMX-AA-100-1987 y así disminuir tanto costos, como la generación de residuos tóxicos. Se evaluaron los parámetros como: precisión del sistema, precisión intermedia o del método, linealidad del sistema, linealidad del método, además de realizar la cuantificación de muestras problema. Como resultado se cumplieron con todas las especificaciones requeridas. Adicionalmente, los métodos modificados a microescala fueron comparados con los métodos normalizados, concluyéndose que no existe diferencia estadísticamente significativa entre ambos procedimientos. Por lo tanto, los dos métodos a microescala validados en este trabajo son confiables para efectuar las determinaciones rutinarias y reducir la cantidad de residuos que se generan.

**Palabras clave:** cloruro, cloro libre residual, microescala, macroescala, normas, validación

## Antecedentes

El ión cloruro es uno de los iones inorgánicos que se encuentran en mayor cantidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, su presencia es necesaria en aguas potables. En agua potable, el sabor salado producido por la concentración de cloruros es variable. En algunas aguas conteniendo 25 mg Cl<sup>-</sup>/L se puede detectar el sabor salado si el catión es sodio. Por otra parte, éste puede estar ausente en aguas conteniendo hasta 1g Cl<sup>-</sup>/L, cuando los cationes que predominan son calcio y magnesio. Un alto contenido de cloruros puede dañar estructuras metálicas y evitar el crecimiento de plantas. Las altas concentraciones de cloruro en aguas residuales, cuando éstas son utilizadas para el riego en campos agrícolas deteriora, en forma importante la calidad del suelo. Es entonces fundamental determinar la concentración de cloruros en aguas naturales, residuales y residuales tratadas en un amplio intervalo de concentraciones (NMX-AA-073-SCFI-2001).

La cloración de aguas se utiliza para destruir o desactivar a los microorganismos causantes de enfermedades. El tratamiento en aguas potables mejora la calidad del agua por reacción del cloro con el amoníaco, hierro, manganeso, sulfuros y algunas sustancias orgánicas; sin embargo, también puede producir efectos adversos. El color y olor característico de fenoles y otros compuestos orgánicos presentes en el agua puede intensificarse además de formar compuestos carcinógenos (NMX-AA-108-SCFI-2001). Estudios epidemiológicos han mostrado que el consumo de agua clorada está asociado con un incremento en el riesgo de cáncer gástrico, de vejiga y recto. Es por esto que la Norma Oficial Mexicana NOM127-SSA1-1994, “Salud Ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización”, establece que el agua para uso y consumo humano debe contener cloro residual libre en una concentración de 0.2 a 1.5 mg/L (NOM127-SSA1-1994).

## Objetivo

Comparar los métodos a microescala para la determinación de cloruros y cloro libre residual en agua potable, con los métodos clásicos a macroescala normalizados, con la finalidad de verificar si existe una diferencia estadísticamente significativa entre ambos métodos, de esta forma probar que es posible reducir los costos y los residuos que se generan al realizar este ensayo, proponiendo una alternativa viable para el uso rutinario.

## Parte experimental

### Reactivos

Se prepararon las siguientes disoluciones y emplearon otros reactivos:

NaCl a 0.00141 N

NaClO a 0.001 N

NaOH 0.1 N.

Yodo 0.0282 N.

AgNO<sub>3</sub> 0.0141 N.

Indicador de K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> al 10%.

Solución indicadora de almidón al 10 %

Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0.01 N.

Ácido acético glacial concentrado.

KI, cristales.

Agua destilada.

Agua potable.

### Equipos y materiales

**Microescala:** jeringas de insulina de 1 mL, jeringas de 3 mL, llaves de 3 pasos y vasitos de plástico para jarabe, soportes hechos en casa, microagitador magnético, microbarra magnética, vasos de precipitados 5, 10 y 50 mL, matraces Erlenmeyer 10 mL, matraces volumétricos de 5, 10, 25, 50 y 100 mL, pipetas volumétricas de 0.5, 1, 2, 3, 4 y 5 mL.

**Macroescala:** matraz Erlenmeyer de 100 y 300 mL, bureta de 25 mL, probeta de 250 mL, vaso de precipitados de 50, 100, 180, 250 mL, pipeta graduada de 1 y 5 mL, soporte con pinzas y nuez para bureta, agitador magnético, barra magnética.

General: piseta, espátula, propipeta, tiras reactivas de pH, balanza analítica, goteros.

## **Métodos normalizados a macroescala para determinar cloruros y cloro libre residual**

### **Cloruros**

1. Colocar 50 mL de muestras de agua potable, agua residual y un blanco, por separado en matraces Erlenmeyer de 125 mL (para cada muestra hacerlo por duplicado).
2. Nota: Si la muestra presenta color añadir 1.5 mL de suspensión  $\text{Al}(\text{OH})_3$  al 12.5 %, mezclar, sedimentar y filtrar.
3. Revisar que el pH se encuentre entre 8-10. De no ser así, ajustar con  $\text{NaOH}$  0.1 N gota a gota.
4. Agregar 0.5 mL o 4 gotas de  $\text{K}_2\text{CrO}_2$  al 10 %.
5. Valorar con  $\text{AgNO}_3$  0.0141 N, hasta cambio de coloración de amarillo a naranja (color ladrillo). El gasto del blanco es de 0.2-0.3 mL.

### **Cloro residual**

1. En un matraz Erlenmeyer de 300 mL, añadir 2.5 mL de ácido acético glacial. Agregar aproximadamente 0.5 g de cristales de KI.
2. Verter 250 mL de muestra de agua potable o residual (libre de color y turbidez). Mezclar
3. Revisar pH de la solución, debe estar entre 3 y 4.
4. Preparar un blanco con agua destilada.
5. Valorar con  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0.01 N, (evitar la luz directa) hasta desaparición del color amarillo.
6. Agregar el almidón que dará coloración azul. Si no aparece color azul, valorar con disolución de yodo 0.0282 N, hasta que se presente el color azul.
7. Valorar con  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0.01 N hasta desaparecer el color. Registrar la diferencia si se utilizó disolución de yodo.

## Métodos modificados a microescala para determinar cloruros y cloro libre residual

### Procedimiento experimental para la determinación de cloruros a microescala

1. Colocar 5 mL de muestras de agua potable, agua residual y un blanco, por separado en matraces Erlenmeyer de 10 mL. (hacer esto mismo para cada muestra).
2. Nota: Si la muestra presenta color, añadir 1.5 mL de suspensión  $\text{Al}(\text{OH})_3$  al 12.5 %, mezclar, sedimentar y filtrar.
3. Revisar que el pH se encuentre entre 8-10. De no ser así, ajustar con  $\text{NaOH}$  0.1N gota a gota.
4. Agregar 5 gotas de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  al 50 %.
5. Valorar con  $\text{AgNO}_3$  0.0141 N, hasta cambio de coloración de amarillo a naranja (color ladrillo).

### Procedimiento experimental para la determinación de cloro residual a microescala

1. En un matraz Erlenmeyer de 10 mL, colocar 0.5 mL. de ácido acético glacial. Agregar aproximadamente 0.05 g de cristales de KI.
2. Verter 5 mL de muestra de agua potable o residual (libre de color y turbidez). Mezclar.
3. Revisar pH de la disolución, debe estar entre 3 y 4.
4. Preparar un blanco con agua destilada.
5. Valorar con  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0.01 N, (evitar la luz directa) hasta desaparición del color amarillo.
6. Agregar el almidón que dará coloración azul. Si no aparece color azul, valorar con yodo 0.0282 N, hasta que se presente el color azul.
7. Valorar con  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0.01 N hasta desaparecer el color. Registrar la diferencia si se utilizó la disolución de yodo.

## Precisión del sistema

**Cloruros.** Para evaluar la precisión del sistema, valorar 15 alícuotas de 5 mL del estándar de NaCl 0.00141 N, con  $\text{AgNO}_3$  0.0141 N, hasta el cambio de coloración de amarillo a naranja (color ladrillo). Agregar en cada valoración 5 gotas de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  al 50 %. Revisar que el pH se encuentre entre 8-10. Registrar los volúmenes del punto final.

**Cloro libre residual.** Para evaluar la precisión del sistema valorar 15 alícuotas de 5 mL de triyoduro a 0.001 N, con  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0.01 N (evitar la luz directa), hasta desaparición del color amarillo. Revisar pH de la disolución, debe estar entre 3 y 4. Agregar el almidón que dará coloración azul.

## Precisión intermedia o del método

**Cloruros.** Para evaluar la precisión intermedia o del método, agregar 5 mL de placebo (agua embotellada) a 5 mL del estándar NaCl 0.00141 N, valorar por triplicado con  $\text{AgNO}_3$  0.0141 N, hasta cambio de coloración de amarillo a naranja (color ladrillo). Agregar en cada valoración 5 gotas de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  al 50 %. Revisar que el pH se encuentre entre 8 y 10. Registrar los volúmenes del punto final.

**Cloro libre residual.** Para evaluar la precisión intermedia o del método, agregar 5 mL de placebo (agua embotellada) a 5 mL de triyoduro 0.001 N, valorar por triplicado con  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0.01N, (evitar la luz directa) hasta desaparición del color amarillo. Revisar pH de la disolución, debe estar entre 3 y 4. Agregar el almidón que dará coloración azul.

## Linealidad del sistema

### Cloruros

Para evaluar la linealidad del sistema se preparan cinco sistemas de 5 mL a diferentes concentraciones con el estándar NaCl, todos los sistemas se aforan con agua desionizada, valorar por triplicado cada uno de los sistemas con  $\text{AgNO}_3$  0.0141 N, hasta cambio de coloración de amarillo a naranja (color ladrillo). Agregar en cada valoración 5 gotas de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  al 50 %. Revisar que el pH se encuentre entre 8 y 10. Registrar los volúmenes del punto final.

### Cloro libre residual

Para evaluar la linealidad del sistema se preparan cinco sistemas de 5 mL a diferentes concentraciones de triyoduro a 0.001 N, todos los sistemas se aforan con agua desionizada, valorar por triplicado cada uno de los sistemas con  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0.01 N, (evitar la luz directa) hasta desaparición del color amarillo. Revisar pH de la disolución, debe estar entre 3 y 4. Agregar el almidón que dará coloración azul.

### Linealidad del método

#### Cloruros

Para la evaluar la linealidad del método se preparan cinco sistemas de 5 mL cada uno a diferentes concentraciones del estándar de NaCl, todos los sistemas se aforan con placebo (agua embotellada), valorar por triplicado cada uno de los sistemas con  $\text{AgNO}_3$  0.0141 N, hasta cambio de coloración de amarillo a naranja (color ladrillo). Agregar en cada valoración 5 gotas de  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  al 50 %. Revisar el pH que se encuentre entre 8 y 10. Registrar los volúmenes en el punto final.

### Cloro libre residual

Para evaluar la linealidad del método se preparan cinco sistemas de 5 mL a diferentes concentraciones de triyoduro 0.001 N, todos los sistemas se aforan con placebo (agua embotellada), valorar por triplicado cada uno de los sistemas con  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0.01 N, (evitar la luz directa) hasta desaparición del color amarillo. Revisar pH de la disolución, debe estar entre 3 y 4. Agregar el almidón que dará coloración azul.

## Resultados y discusión

### Precisión del sistema en matriz simple (agua desionizada).

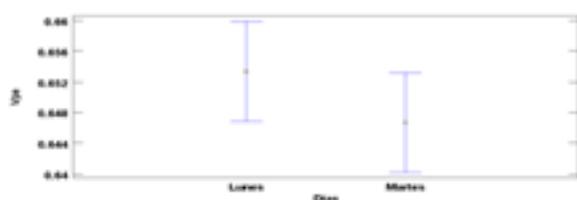
**Tabla 1.** Precisión del sistema cloruros y cloro libre residual

	Cloruros	Cloro libre residual
CV	0.88	1.22

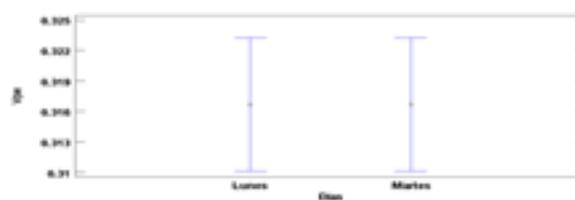
Los coeficientes de variación de cloruros y cloro libre residual (tabla 1) comprueban que el sistema es preciso ( $CV < 2\%$ ).

## Precisión intermedia del sistema o del método con dos factores a) el factor día y b) analista

### a) Factor día (cloruros y cloro libre residual)



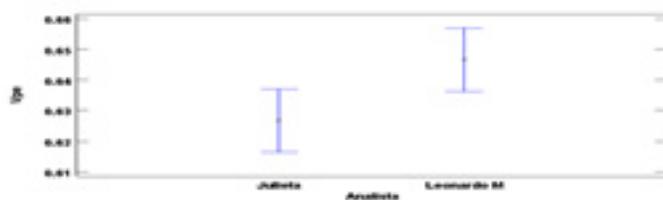
**Figura 1.** Comparación de medias de Cloruros.



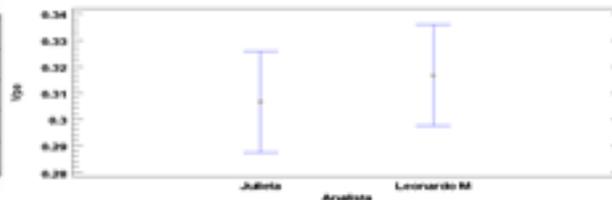
**Figura 2.** Comparación de medias de Cloro libre residual.

Se observa en las Figuras 1 y 2, que los intervalos se traslapan por lo que se considera que las medias son iguales por lo que el factor día no influye en los resultados experimentales para la determinación de cloruros y cloro libre residual a microescala.

### b)Factor Analista (cloruros y cloro libre residual)



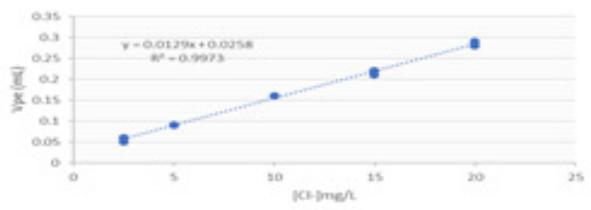
**Figura 3.** Comparación de medias de Cloruros.



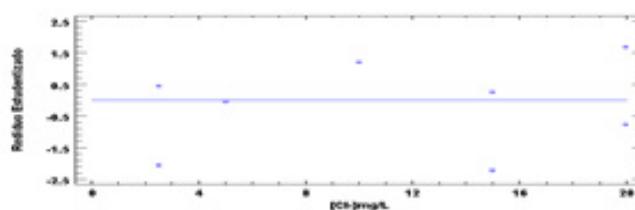
**Figura 4.** Comparación de medias de Cloro libre residual.

En las Figuras 3 y 4 se observa que los intervalos se traslapan por lo que se considera que las medias son iguales por lo tanto el factor analista no influye en los resultados experimentales para la determinación de cloruros y cloro libre residual a microescala.

## Linealidad del sistema en matriz simple (los sistemas se aforan con agua desionizada)

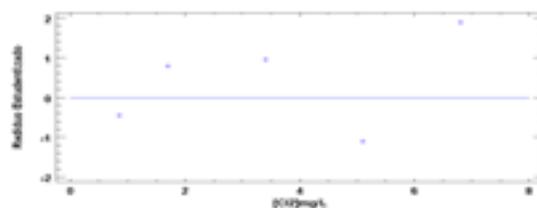
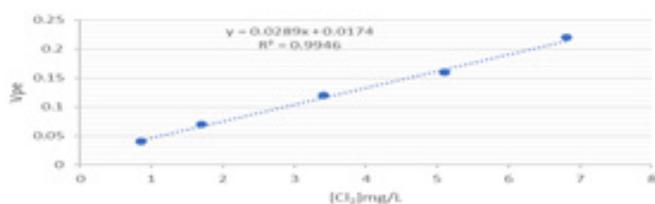


**Figura 5.** Linealidad y ecuación del sistema cloruros.



**Figura 6.** Residuales de cloruros.

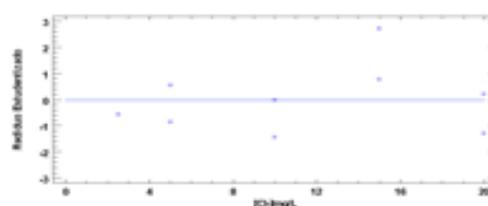
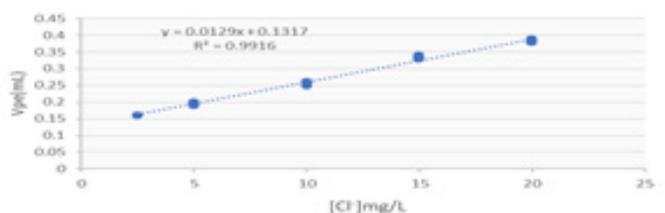
En la Figura 5 se observa que el coeficiente de determinación es mayor a 0.98 por lo que los sistemas tienen una tendencia lineal en el sistema en matriz simple. En la Figura 6. Los residuales son homocedásticos así que están distribuidos al azar por lo tanto las varianzas son iguales, requisito fundamental para la selección correcta del modelo.



**Figura 7.** Linealidad del sistema cloro libre residual. **Figura 8.** Residuales de cloro libre residual.

En la Figura 7 se observa que el coeficiente de determinación es mayor a 0.98 por lo que los sistemas tienen una tendencia lineal en matriz simple. En la Figura 8. Los residuales son homocedásticos, están distribuidos al azar por lo tanto las varianzas son iguales probando la validez del modelo lineal seleccionado.

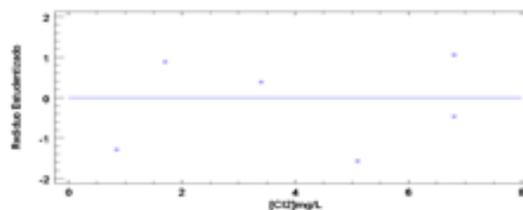
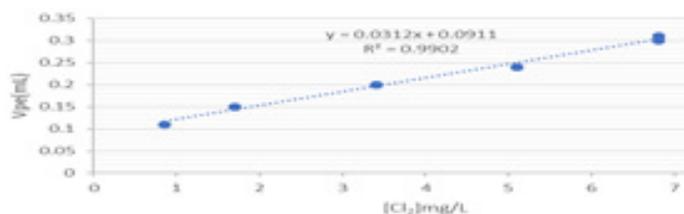
**Linealidad del método en matriz compleja con placebo (agua embotellada).**



**Figura 9.** Curva patrón de cloruros y su ecuación.

**Figura 10.** Residuales de cloruros

En la Figura 11 se observa que el coeficiente de determinación es mayor a 0.98 por lo que los sistemas tienen una tendencia lineal en matriz compleja. En la Figura 10, los residuales son homocedásticos, están distribuidos al azar por lo tanto las varianzas son iguales y la ecuación del modelo lineal es válida.



**Figura 11.** Curva patrón cloro libre residual.

**Figura 12.** Residuales de cloro libre residual.

En la Figura 11 se observa que el coeficiente de determinación es mayor a 0.98 por lo que los sistemas tienen una tendencia lineal a la matriz compleja. En la figura 12, los residuales son homocedásticos, están distribuidos al azar por lo tanto las varianzas son iguales, condición fundamental para la validez del modelo.

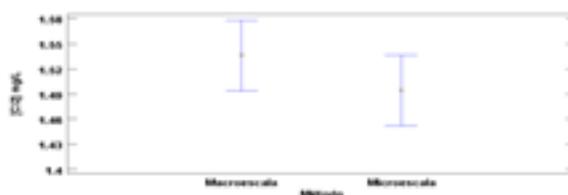
### Determinación de cloruros a microescala y macroescala.



**Figura 13.** Comparación de medias de cloruros evaluadas a microescala y macroescala.

En la Figura 13 se muestran las medias de las concentraciones de cloruros determinadas a microescala y macroescala donde los intervalos se traslapan por lo que se considera que son iguales, no existiendo diferencia estadísticamente significativa entre las medias de ambos métodos de manera que el método a microescala es totalmente confiable para determinar cloruros.

### Determinación de cloro libre residual a microescala y macroescala.



**Figura 14.** Comparación de medias de cloro libre residual a microescala y macroescala.

En la Figura 14 se muestran las medias de las concentraciones de cloro libre residual determinadas a microescala y macroescala, donde los intervalos se traslapan por lo que se considera que son iguales, así que no existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de ambos métodos por lo que el método a microescala es totalmente confiable para determinar cloro libre residual.

**Tabla 2.** Comparación de volúmenes utilizados en la determinación de cloruros

Métodos	Cloruros		
	mL de alícuota	mL gastados de valorante	[Cl <sup>-</sup> ] mg/L promedio
Microescala	5	0.195	14.13
Macroescala	50	1.9	13.77

**Tabla 3.** Comparación de volúmenes (cloro libre residual)

Métodos	Cloro libre residual		
	mL de alícuota	mL gastados de valorante	[Cl <sub>2</sub> ] mg/L promedio
Microescala	5	0.295	1.49
Macroescala	250	3.03	1.52

## Conclusiones

Se evaluaron los parámetros precisión del sistema, precisión intermedia o del método, linealidad del sistema, linealidad del método, cumpliendo estos parámetros con todas las especificaciones. Adicionalmente, los métodos modificados a microescala fueron comparados con los métodos normalizados de uso rutinario al evaluar analitos problema, concluyéndose que no existe diferencia estadísticamente significativa entre ambos procedimientos. Por lo tanto, los dos métodos a microescala validados en este trabajo son confiables para efectuar las determinaciones rutinarias y minimizar la cantidad de residuos que se generan en el ensayo (tablas 1 y 2), lo cual es favorable ya que la generación de residuos se ha convertido en un criterio importante en las empresas y en la filosofía de la química verde para preferir procesos que generen una mínima toxicidad e impacto ambiental.

## Agradecimientos

Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE210921

## Referencias

- Secretaría de economía. (2001) NMX-AA-073-SCFI-2001. *Análisis de agua - determinación de cloruros totales en aguas naturales, residuales y residuales tratadas - método de prueba*. Obtenido de: <https://aniq.org.mx/pqta/pdf/nmx-aa-quimicosgpo2.pdf>
- Centro de Calidad Ambiental. (1987). NORMA MEXICANA NMX-AA-100-1987, *calidad del agua-determinación de cloro total método iodométrico*. Obtenido de: <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa100.pdf>
- Secretaría de economía. (2001). NMX-AA-108-SCFI-2001. *Calidad del agua - determinación de cloro libre y cloro total - método de prueba*. Obtenido de: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/166806/NMX-AA-108-SCFI-2001.pdf>
- Secretaría de Salud. (1994). NOM-127-SSA1-1994. *Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización*. Obtenido de: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=2063863&fe-cha=31/12/1969#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=2063863&fe-cha=31/12/1969#gsc.tab=0)

# VALIDACIÓN DE LOS MÉTODOS A MICROESCALA DE DUREZA Y ALCALINIDAD EN AGUA POTABLE Y SU COMPARACIÓN CON LOS MÉTODOS DE LAS NORMAS

*Arreola Delgado Julieta<sup>1</sup>, Julio César Morales Mejía<sup>2</sup>,  
María Gabriela Vargas Martínez\*<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Lab. Desarrollo de Métodos Analíticos, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán,  
Universidad Nacional Autónoma de México,*

*[gvargasm@unam.mx](mailto:gvargasm@unam.mx), [arreolajulietadelgado@gmail.com](mailto:arreolajulietadelgado@gmail.com)*

*<sup>2</sup>Laboratorio de Ingeniería Química Ambiental y Fotoquímica. Facultad de Estudios Superiores  
Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México,*

*[mmjc\\_80@yahoo.com.mx](mailto:mmjc_80@yahoo.com.mx)*

## Resumen

Las determinaciones de alcalinidad en agua se utilizan en la interpretación y control de los procesos de tratamientos de aguas limpias y residuales. En este trabajo se realizó la validación de dos métodos a microescala para la determinación de agua: a) la dureza total y dureza en calcio y magnesio y b) alcalinidad. Las propuestas a microescala se realizaron con la finalidad de reducir los volúmenes utilizados en los métodos de las normas oficiales NMX-AA-072-SCFI-2001 y NMX-AA-036-SCFI-2001 y así disminuir tanto costos, como la generación de residuos tóxicos. Se utilizó como base la Guía de validación del colegio de QFB's para ser evaluados los parámetros de: precisión (del sistema, intermedia o del método), linealidad (del sistema y del método), exactitud, % recobro y límite de cuantificación. Se realizó la comparación de los métodos a microescala contra los métodos normalizados y se concluyó que no existe diferencia significativa entre ambos procedimientos.

**Palabras clave:** alcalinidad, dureza, agua, calcio, magnesio, volumetría, microescala.

## Antecedentes

Las mediciones de dureza y alcalinidad del agua se emplean en la interpretación y control de los procesos de tratamientos de aguas limpias y residuales. Muchos países incorporan a través de diferentes plataformas información sobre las características del agua. En México, por ejemplo, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) lleva a cabo, a través de la Red Nacional de Medición de Calidad del Agua, el monitoreo de los principales cuerpos de agua del país. Se incluyen parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, de acuerdo con el tipo de cuerpo de agua, y la información se encuentra integrada en un solo archivo y clasificada por tipo de cuerpo de agua y por estado (CONAGUA, 2021).

Generalmente, los mayores problemas asociados con la dureza y la alcalinidad del agua se relacionan con las operaciones industriales, donde se generan aguas que a veces exigen tratamientos complejos y costosos para controlar estos parámetros y evitar los depósitos de la cal; y actividades domésticas, técnicamente, un agua dura puede a largo plazo ser más incrustante, pudiendo precipitar las sales de calcio en tuberías de distribución domiciliarias y así reducir su sección útil. Además, supone un gasto extra en el uso de electrodomésticos, ya que necesitan usar más jabón o productos específicos para impedir que se deposite la cal en las resistencias que calientan el agua o que apague el brillo de las vajillas. (González, 2021).

Con base en lo anterior, la NMX-AA-072-SCFI-2001 establece el método de análisis para la determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas, (SE, 2001). El término de dureza se refiere a la concentración total de iones alcalinotérreos que hay en el agua. Como la concentración de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$  es mayor que la concentración de otros iones de la misma familia se describe a la dureza total de un agua natural como la suma de concentraciones de  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ . Por otra parte, la NMX-AA-036-SCFI-2001 es un método que está basado en la medición de la acidez o alcalinidad en el agua, (SE, 2021). La alcalinidad es una medida de la capacidad de una muestra de agua para neutralizar ácidos. Es una propiedad agregada que se deriva de la suma de las capacidades neutralizantes de todas las bases titulables presentes en una muestra de agua. Es decir, la alcalinidad se define como la suma de las concentraciones de iones  $\text{OH}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ , y  $\text{CO}_3^{2-}$ .

Dado que las normas NMX-AA-072-SCFI-2001 y NMX-AA-036-SCFI-2001 se emplean en múltiples procedimientos de tratamientos de aguas de procesos industriales, estos métodos invierten grandes cantidades de volúmenes que se interpretan en altos

costos en el uso de reactivos y la generación de residuos tóxicos.

Los primeros estudios para estimar el volumen de residuos peligrosos generados en México fueron elaborados en 1994 por el Instituto Nacional de Ecología (INE). A partir de entonces, las cifras han sido diversas y se han basado fundamentalmente en los registros que hacen las empresas incorporadas a la Semarnat. En 2012 se estimó que el mayor volumen de generación de residuos correspondió a la Zona Metropolitana del Valle de México, (SEMARNAT, 2012). De acuerdo con lo descrito, la generación de residuos se ha convertido en un criterio importante en las empresas para preferir procesos que generen una mínima toxicidad e impacto ambiental.

## Objetivo

Realizar la comparación de métodos modificados a microescala para la determinación de dureza y alcalinidad del agua con los métodos normalizados NMX-AA-072-SCFI-2001 y NMX-AA-036-SCFI-2001 y verificar si existe una diferencia significativa entre ambos procedimientos.

## Parte experimental

### Aparatos

Microescala: soporte hecho en casa, jeringa de insulina 1 mL, jeringa 3 mL, llave de 3 pasos, vasos de precipitados 10 mL, matraces Erlenmeyer 10 mL, microagitador magnético, barra magnética, vasos de plástico para jarabe, (Ver Figura 1), matraces volumétricos de 5, 10 y 25 mL, 1 pipeta graduada 5 mL.

Método normalizado: soporte universal con pinza y nuez, 1 bureta graduada de 50 mL, vasos de precipitados 50 mL, matraces Erlenmeyer 250 mL, agitador magnético, barra magnética, matraces volumétricos de 100, 200 y 250 mL.

General: piseta, espátula, propipeta, tiras reactivas de pH, balanza analítica.

### Reactivos

Todos los reactivos utilizados son de grado analítico y las disoluciones se preparan con agua desionizada.

Disolución estandarizada de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.02 N.  
 Disolución estandarizada de EDTA 0.01 M  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  0.0004 M, 0.0012 M, 0.002 M, 0.0028 M, 0.0036 M.  
 $\text{HCO}_3$  0.0004 M, 0.0012 M, 0.002 M, 0.0028 M, 0.0036 M.  
 NaOH 0.0004 M, 0.0012 M, 0.002 M, 0.0028 M, 0.0036 M.  
 $\text{CaCO}_3$  0.0002 M, 0.0006 M, 0.001 M, 0.0014 M, 0.0018 M.  
 $\text{MgSO}_4$  0.0002 M, 0.0006 M, 0.001 M, 0.0014 M, 0.0018 M.  
 Fenolfataleína al 0.5 %  
 Anaranjado de metilo al 0.5 %  
 Negro de Eriocromo T  
 Murexida.  
 NaOH 0.1 N  
 Disolución amortiguadora  $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_4\text{OH}$  pH=10

## Procedimiento

### Precisión (del sistema, intermedia, del método):

#### Dureza

1. Para evaluar la precisión en el sistema, valorar 15 veces con EDTA 0.01 M, 5 mL de estándar de  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgSO}_4$  0.001 M, agregar en cada valoración 0.2 g de Negro de Eriocromo T. Registrar volumen en el punto final.
2. Para evaluar la precisión intermedia, valorar por triplicado con EDTA 0.01 M, 5 mL de estándar de  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{MgSO}_4$  0.001 M, agregar en cada valoración 0.2 g de Negro de Eriocromo T. Registrar volumen en el punto final. Repetir el procedimiento en un día diferente y con un analista diferente.
3. Para evaluar la precisión en el método, agregar 5 mL de placebo (agua embotellada) a cada volumen de estándar  $\text{CaCO}_3$  y  $\text{MgSO}_4$  0.001 M, valorar por triplicado con EDTA 0.01 M, agregar en cada valoración 0.2 g de Negro de Eriocromo T. Registrar volumen en el punto final. Repetir el procedimiento en un día diferente y con un analista diferente.

## Alcalinidad

1. Para evaluar la precisión en el sistema, valorar 15 veces con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.02 N, 5 mL de estándar de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaOH}$  0.002 M, agregar en cada valoración un par de gotas de fenolftaleína al 0.5 %. Registrar volumen en el primer punto final. Agregar un par de gotas de anaranjado de metilo al 0.5 % y continuar titulación. Registrar volumen al segundo punto final.
2. Para evaluar la precisión intermedia, valorar por triplicado con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.02 N, 5 mL de estándar de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaOH}$  0.002 M, agregar en cada valoración un par de gotas de fenolftaleína al 0.5 %. Registrar volumen en el primer punto final. Agregar un par de gotas de anaranjado de metilo al 0.5 % y continuar titulación. Registrar volumen al segundo punto final. Repetir el procedimiento en un día diferente y con un analista diferente.
3. Para evaluar la precisión en el método, agregar 5 mL de placebo (agua embotellada) a cada volumen de estándar  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaOH}$  0.002 M, valorar por triplicado con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.02 N, agregar en cada valoración un par de gotas de fenolftaleína al 0.5 %. Registrar volumen en el primer punto final. Agregar un par de gotas de anaranjado de metilo al 0.5 % y continuar titulación. Registrar volumen al segundo punto final.

## Linealidad (del sistema, del método):

### Dureza

1. Para evaluar la linealidad en el sistema valorar por triplicado con EDTA 0.01 M, 5 mL de estándar de  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgSO}_4$  a 5 niveles de concentración diferentes, agregar en cada valoración 0.2 g de Negro de Eriocromo T. Registrar los volúmenes en el punto final.
2. Para evaluar la linealidad en el método, agregar 5 mL de placebo (agua embotellada) a cada volumen de estándar de  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgSO}_4$  a 5 niveles de concentración diferentes, valorar por triplicado con EDTA 0.01 M, agregar en cada valoración 0.2 g de Negro de Eriocromo T. Registrar los volúmenes en el punto final.

## Alcalinidad

1. Para evaluar la linealidad en el sistema, valorar por triplicado con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.02 N, 5 mL de estándar de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaOH}$  a 5 niveles de concentración diferentes, agregar en cada valoración un par de gotas de fenolftaleína al 0.5 %. Registrar los volúmenes en el primer punto final. Agregar un par de gotas de anaranjado de metilo al 0.5 % y continuar la valoración. Registrar los volúmenes al segundo punto final.
2. Para evaluar la linealidad en el método, agregar 5 mL de placebo (agua embotellada) a cada volumen de estándar de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaOH}$  a 5 niveles de concentración diferentes, valorar por triplicado con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.02 N, agregar en cada valoración un par de gotas de fenolftaleína al 0.5 %. Registrar los volúmenes en el primer punto final. Agregar un par de gotas de anaranjado de metilo al 0.5 % y continuar titulación. Registrar los volúmenes al segundo punto final.

### Método modificado a microescala:

#### Dureza Total

1. Colocar por triplicado muestras de agua de 5 mL por separado en matraces Erlenmeyer de 10 mL.
2. Agregar 1 mL de disolución amortiguadora para dureza total  $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_4\text{OH}$ , pH 10.
3. Agregar 0.2 g de indicador de Negro de Eriocromo T.
4. Valorar con EDTA 0.01 M hasta el cambio de color (violeta-azul).

## Dureza de Ca

1. Colocar por triplicado muestras de agua de 5 mL por separado en matraces Erlenmeyer de 10 mL.
2. Agregar 2 mL de NaOH 0.1 N para alcanzar un  $\text{pH} > 12$ .
3. Agregar 0.2 g de indicador murexida.
4. Valorar con una solución de EDTA 0.01 M hasta el cambio de color (rosa tenue-violeta)

## Alcalinidad

1. Colocar por triplicado muestras de agua de 5 mL por separado en matraces Erlenmeyer de 10 mL.
2. Agregar un par de gotas de fenolftaleína al 0.5 %.
3. Si hay color rosa pálido, valorar con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.02 N hasta que desaparezca el color.
4. Registrar los mililitros gastados (alcalinidad a la fenolftaleína).
5. Agregar un par de gotas de anaranjado de metilo al 0.5 %.
6. Valorar la muestra con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.02 N hasta el cambio de color (amarillo-naranja), alcalinidad total.
7. Registrar los mililitros gastados en el segundo punto final.

## Método normalizado:

### Dureza Total

1. Colocar por triplicado muestras de agua de 50 mL por separado en matraces Erlenmeyer de 250 mL.
2. Agregar 1 mL de solución amortiguadora para dureza total  $\text{NH}_4\text{Cl}/\text{NH}_4\text{OH}$ ,  $\text{pH} 10$ .

3. Agregar 0.2 g de indicador de Negro de Eriocromo T.
4. Valorar con EDTA 0.01 M hasta el cambio de color (violeta-azul).

### Dureza de Ca

1. Colocar por triplicado muestras de agua de 50 mL por separado en matraces Erlenmeyer de 250 mL.
2. Agregar 2 mL de una solución de NaOH 0.1 N para alcanzar un  $\text{pH} > 12$ .
3. Agregar 0.2 g de indicador murexida.
4. valorar con una solución de EDTA 0.01 M hasta el cambio de color (rosa tenue-violeta)

### Alcalinidad

1. Colocar por triplicado muestras de agua de 50 mL por separado en matraces Erlenmeyer de 250 mL.
2. Agregar un par de gotas de fenolftaleína al 0.5 %.
3. Si hay color rosa pálido, valorar con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.02 N hasta que desaparezca el color.
4. Registrar los mililitros gastados (alcalinidad a la fenolftaleína).
5. Agregar un par de gotas de anaranjado de metilo al 0.5 %.
6. Valorar la muestra con  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0.02 N hasta el cambio de color (amarillo-naranja), alcalinidad total.
7. Registrar los mililitros gastados en el segundo punto final.

## Resultados

**Tabla 1.** Resultados de la validación del método modificado a microescala para la determinación de dureza y alcalinidad del agua.

Parámetro de Validación	Criterio de Aceptación	Resultado obtenido a partir de la Variable independiente: V peq p/analito		Veredicto
Precisión de sistema	CV ≤ 2.0 %	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	1.9760	Cumple
		NaHCO <sub>3</sub>	1.2627	
		NaOH	1.3464	
		CaCO <sub>3</sub>	1.0728	
		MgSO <sub>4</sub>	1.4000	
Precisión Intermedia	CV ≤ 2.0 %	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	A:4.7587 D:3.2625	No cumple
		NaHCO <sub>3</sub>	A:5.8830 D:0.9998	No cumple, Cumple
		NaOH	A:2.9945 D:2.5784	No cumple
		CaCO <sub>3</sub>	A:0.5989 D:1.1949	Cumple
		MgSO <sub>4</sub>	A:3.5049 D:2.8180	No cumple
Precisión en método	CV ≤ 2.0 %	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.9400	Cumple
		NaHCO <sub>3</sub>	1.0900	Cumple
		NaOH	6.2500	No cumple
		CaCO <sub>3</sub>	0.9800	Cumple
		MgSO <sub>4</sub>	1.7x10-16	Cumple
Linealidad en sistema	r <sup>2</sup> >0.98 ICβ1 no debe incluir a cero	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.9983	Cumple
		NaHCO <sub>3</sub>	0.9969	
		NaOH	0.9973	
		CaCO <sub>3</sub>	0.9961	
		MgSO <sub>4</sub>	0.9925	
Linealidad en el método	r <sup>2</sup> >0.98 ICβ1 NO debe incluir a cero	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	0.9973	Cumple
		NaHCO <sub>3</sub>	0.9974	
		NaOH	0.9905	
		CaCO <sub>3</sub>	0.9966	
		MgSO <sub>4</sub>	0.9981	
Exactitud	% Recobro 98-102	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	98-101 %	Cumple
		NaHCO <sub>3</sub>	98-102 %	
		NaOH	98-102%	
		CaCO <sub>3</sub>	99-103 %	No cumple
		MgSO <sub>4</sub>	97-102%	No cumple

Límite de Cuantificación	Informativo	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	4.68E-04	M	Cumple
		NaHCO <sub>3</sub>	6.45E-04	M	
		NaOH	6.42E-04	M	
		CaCO <sub>3</sub>	3.66E-04	M	
		MgSO <sub>4</sub>	5.10E-04	M	
Muestras	P>0.05	Dureza Total	0.5490		Cumple
		Dureza de Ca	0.1739		
		Dureza de Mg	0.2200		
		Alcalinidad	0.7349		

**Tabla 2.** Comparación general del método modificado a microescala con el método de la norma para la determinación de la dureza total del agua.

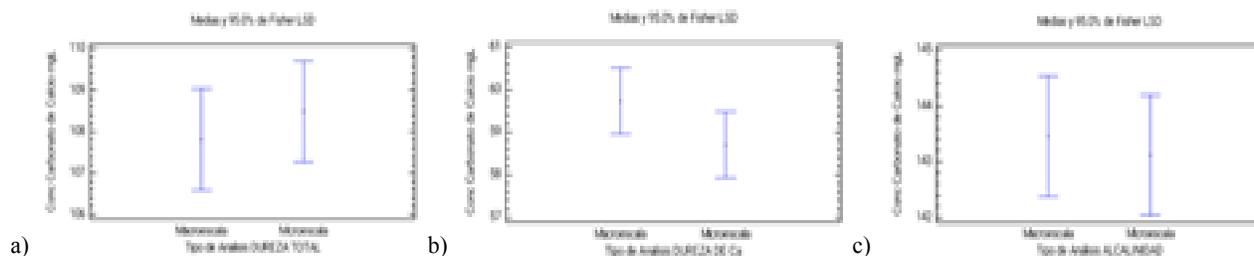
Método	Volumen utilizado por muestra (mL)	Volumen promedio utilizado por valorante EDTA (mL)	Concentración promedio de CaCO <sub>3</sub> mgL <sup>-1</sup>
Microescala	5	0.53	108.5
Normalizado	50	5.2	107.8

**Tabla 3.** Comparación general del método modificado a microescala con el método de la norma para la determinación de la dureza de Ca del agua.

Método	Volumen utilizado por muestra (mL)	Volumen promedio utilizado por valorante EDTA (mL)	Concentración promedio de CaCO <sub>3</sub> mgL <sup>-1</sup>
Microescala	5	0.29	58.7
Normalizado	50	2.9	59.7

**Tabla 4.** Comparación general del método modificado a microescala con el método de la norma para la determinación de alcalinidad en el agua.

Método	Volumen utilizado por muestra (mL)	Volumen promedio utilizado por valorante H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (mL)	Concentración promedio de CaCO <sub>3</sub> mgL <sup>-1</sup>
Microescala	5	0.7	143.1
Normalizado	50	7	143.5



**Figura 1.** Análisis de varianza (prueba de Fisher) sacada por ANOVA en Statgraphics de los métodos a) dureza total b) dureza de Ca y c) alcalinidad.

## Conclusiones

Se realizó la validación de dos métodos modificados a microescala para la determinación de dureza y alcalinidad en la que se evaluaron los parámetros precisión, linealidad, exactitud y límite de cuantificación.

Se realizó la comparación de métodos modificados a microescala para la determinación de dureza y alcalinidad del agua con los métodos normalizados NMX-AA-072-SCFI-2001 y NMX-AA-036-SCFI-2001.

Se verificó que no existe una diferencia significativa entre ambos procedimientos, por lo tanto, es viable llevar a cabo el método a microescala para la determinación de dichos parámetros, y reducir los volúmenes utilizados, así como los residuos generados, contribuyendo a la disminución del impacto ambiental.

## Agradecimientos

Trabajo realizado con el apoyo del Programa UNAM-DGAPA-PAPIME PE210921

## Referencias

CONAGUA. (2021). Calidad del agua en México. <https://bit.ly/3MgYma4>

González A. (2021). ¿Qué es la dureza del agua y cómo afecta a su consumo? <https://bbva.info/3Mjp4Pe>

Secretaría de Economía. (2001).NMX-AA-072-SCFI-2001. Análisis de agua-Determinación de dureza total en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba. <https://bit.ly/2RPYYuh>

Secretaría de Economía. (2001).NMX-AA-036-SCFI-2001. Análisis de agua-Determinación de acidez y alcalinidad en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba. <https://bit.ly/2UIBMB2>

Semarnat. (2012). Residuos peligrosos. <https://bit.ly/3CKpMlk>

# ESTUDIO DE LA INCLUSIÓN DE DIFLUNISAL EN 2-HIDROXIPROPIL- $\beta$ -CICLODEXTRINA Y $\beta$ -CICLODEXTRINA MEDIANTE TITULACIÓN DE CALORIMETRÍA ISOTÉRMICA Y MODELADO MOLECULAR

*Efraín Bruno Aguilar Zarate, Cesar Omar Nevares Negrete, León Daniel Ponce Pérez, Emir Alejandro Galván García, Norma Rodríguez Laguna, Rodolfo Gómez Balderas*

*Laboratorio de Físicoquímica Analítica, Unidad de Investigación Multidisciplinaria, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México.*

*[15037803@cuautitlan.unam.mx](mailto:15037803@cuautitlan.unam.mx), [rodolfo.gomez@unam.mx](mailto:rodolfo.gomez@unam.mx)*

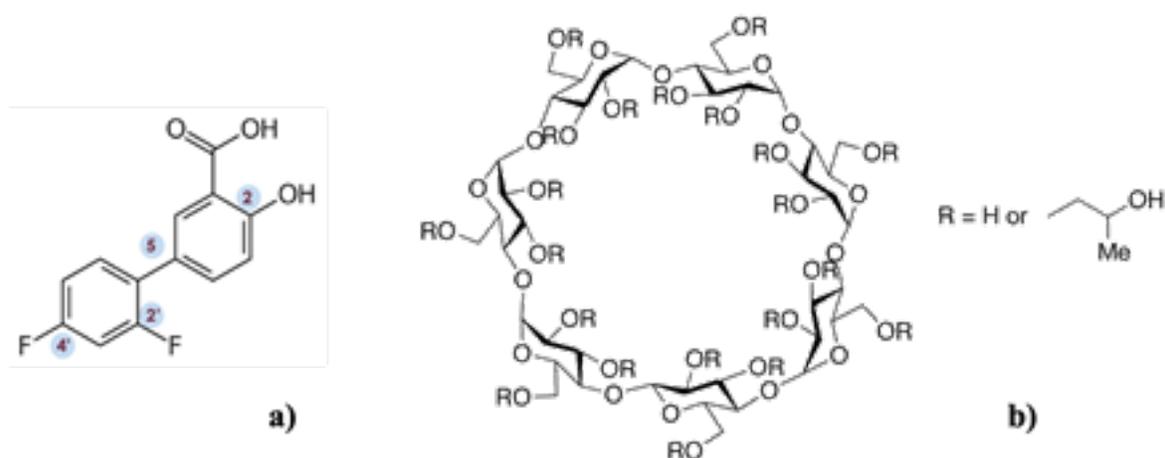
## Resumen

El diflunisal es un fármaco antiinflamatorio, analgésico, no esterooidal cuyos efectos terapéuticos resultan de la inhibición en la producción de prostaglandinas. Los complejos de inclusión de diflunisal tanto con el uso de 2-Hidroxiopropil- $\beta$ -ciclodextrina (2HP- $\beta$ CD) y  $\beta$ -ciclodextrina ( $\beta$ CD) ayudan a incrementar su solubilidad en agua y reducir efectos secundarios del medicamento. En este trabajo se estudió la estabilidad de los complejos de diflunisal con 2HP- $\beta$ CD y  $\beta$ CD mediante titulación calorimétrica isotérmica. Con la Teoría de Funcionales de la Densidad, se realizó el modelado molecular de los complejos de inclusión, caracterizando las interacciones intermoleculares de tipo van der Waals y enlaces de hidrógeno.

**Palabras clave:** Ciclodextrina, AINE, diflunisal, complejos de inclusión.

## Antecedentes

El diflunisal (Ácido 5-(2,4-difluorfenil)-2-hidroxibenzóico, Esquema 1a) es un antiinflamatorio no esterooidal de la familia de los ácidos arilacéticos. Se utiliza para el tratamiento de la osteoartritis, artritis reumatoide y dolor leve o moderado. Además de sus efectos analgésicos, el diflunisal (HDif) es antiinflamatorio y antipirético; su mecanismo preciso de acción analgésica y antiinflamatoria es desconocido, aunque se sabe que inhibe la prostaglandina sintetasa



**Esquema 1.** Estructura molecular a) diflunisal neutro (HDif) y b) 2HP-βCD (R=2-hidroxipropil) y βCD (R=H)

Las ciclodextrinas son oligosacáridos cíclicos compuestos por un número variable de unidades de α-D-glucopiranosas unidas por enlaces α(1-4) (Rekharsky & Inoue, 1998). Estas cadenas de glucopiranosas forman una cavidad en forma de cono en la que fármacos hidrófobos pueden entrar y formar un complejo soluble en agua cambiando las propiedades fisicoquímicas del fármaco. Entre las ciclodextrinas más comunes se encuentran la 2HP-βCD y la βCD, ambas constituidas por 7 unidades de glucopiranosas, en la segunda el grupo OH se ha sustituido por fragmentos 2-hidroxipropil en una relación molar determinada, Esquema 1b. (Crini, 2014).

La calorimetría de titulación isotérmica (ITC) es una técnica experimental que se utiliza en los estudios cuantitativos de una amplia variedad de interacciones supramoleculares. Mide directamente el calor que se libera o absorbe durante un evento de enlace supramolecular. ITC es la única técnica que puede determinar simultáneamente todos los parámetros de enlace en un solo experimento, a saber, la estequiometría

de la reacción ( $N$ ) su entalpía ( $\Delta H^\circ$ ), entropía ( $\Delta S^\circ$ ) y la constante de enlace ( $\log\beta$ ). Mediante ITC se pueden estudiar las interacciones responsables de la inclusión de un fármaco en la cavidad de una ciclodextrina. Por otro lado, la Teoría del Funcional de la Densidad (DFT) ha sido una herramienta de investigación con bastante poder que ha ayudado a la exploración de moléculas a nivel teórico, con resultados comparables a los experimentales. En particular, la descripción de interacciones intermoleculares del tipo puentes de hidrógeno, van der Waals e impedimentos estéricos (Mardirossian & Head-Gordon, 2017) se logra con buena presión utilizando el funcional híbrido meta GGA. Las interacciones no covalentes se pueden explorar cualitativamente mediante el modelo del gradiente independiente basado en la partición de Hirshfeld (IGMH; Lu & Chen, 2022), mientras que los métodos basados en la teoría cuántica de átomos en moléculas (QTAIM; Kumar et al., 2016), pueden caracterizar cuantitativamente la intensidad de los puentes de hidrógeno.

## Objetivo

Estudiar la termodinámica del fenómeno de inclusión de diflunisal en 2HP- $\beta$ CD y  $\beta$ -CD, así como las interacciones moleculares responsables de la estabilidad de los complejos de inclusión

## Metodología

En la parte experimental trabajamos con reactivos analíticos de Sigma-Aldrich: diflunisal (AS), 2HP- $\beta$ -ciclodextrina (MW  $\sim$ 1 380),  $\beta$ -ciclodextrina (>98%), y J. T. Baker: soluciones buffer de fosfato dibásico de sodio (99.7 %) y fosfato monobásico de sodio (99.8%) a pH 7. Todas las soluciones se prepararon con agua desionizada ( $\rho = 18.2 \text{ M}\Omega$ ). La titulación calorimétrica isotérmica se realizó en un microcalorímetro MicroCal VP-ITC ( $<0.005 \text{ }\mu\text{cal/s}$ ), GE; previo a la titulación, todas las soluciones se desgasifican en un equipo Microcal ThermoVac GE; los experimentos se realizaron a  $30^\circ\text{C}$ . En la titulación se agregaron 20 alícuotas de titulante ( $14 \text{ }\mu\text{L}$ ) durante 8 s cada una con 300 s entre inyecciones para permitir que la señal regrese a la línea base, la velocidad de agitación de la hélice fue de 307 rpm. En la celda calorimétrica (1.4303 mL) se colocó 2HP- $\beta$ CD (0.1334 mM) o  $\beta$ CD (0.1496 mM) y se titularon con Dif 2 mM. El calor generado por la dilución de la solución de Dif se registró en una titula-

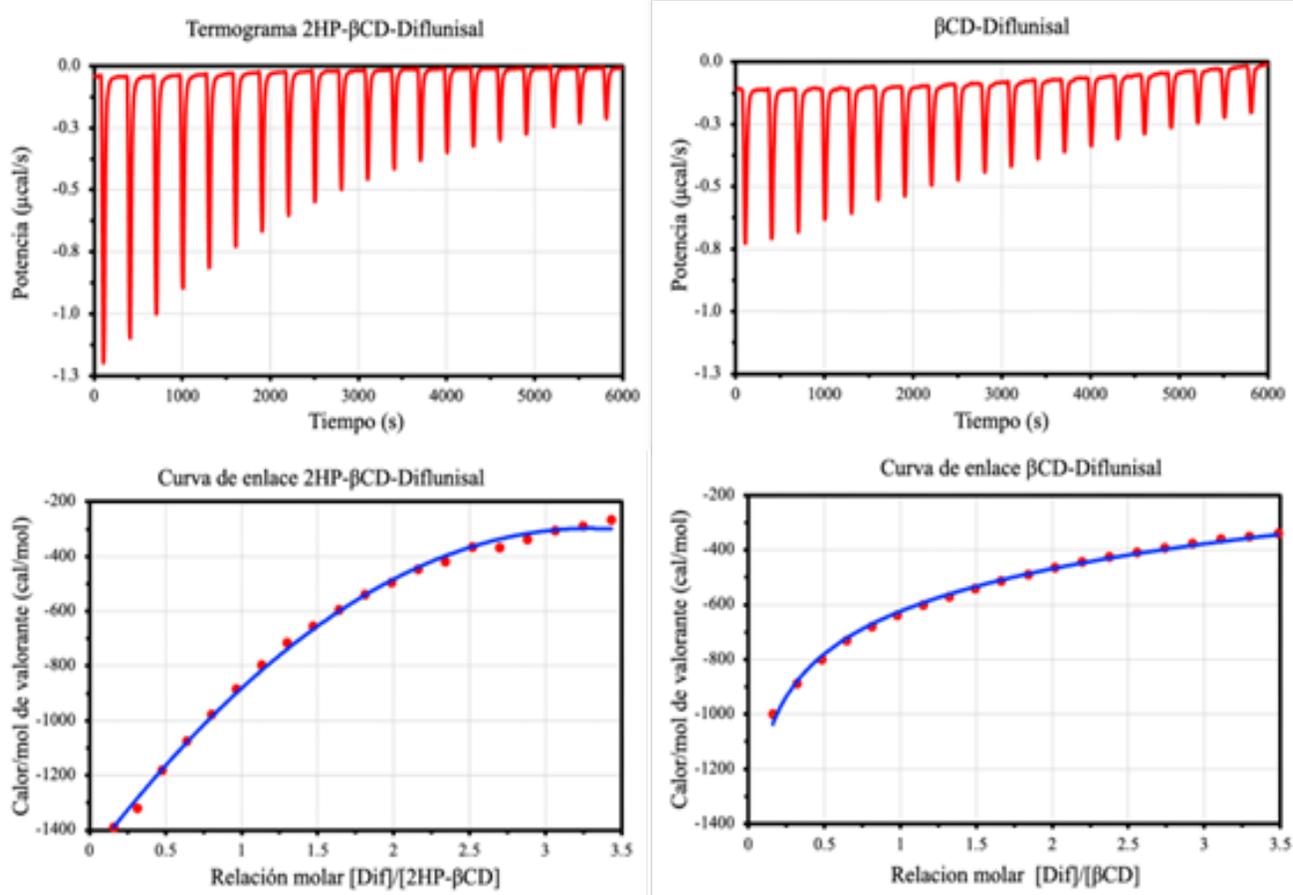
ción sobre disolución buffer sin ciclodextrina. Los datos experimentales se ajustaron al modelo de equilibrios de inclusión 1:1 utilizando el programa MicroCal PEAQ-ITC que acompaña al equipo ITC.

Para el estudio teórico las geometrías moleculares del Dif, 2HP- $\beta$ CD,  $\beta$ CD y de los complejos de inclusión se optimizaron usando Gaussian 16 aplicando el funcional híbrido meta GGA de Thruhar M06-2X (Hohenstein et al., 2008) en combinación con la base gaussiana 6-311G(d, p). Para considerar el efecto del disolvente utilizamos la aproximación SMD (Marenich et al., 2009). La visualización de los resultados se realizó con el software GaussView 6.0.16. En todos los casos, realizamos el análisis de frecuencias armónicas para verificar que las geometrías corresponden con un mínimo de energía. Con el propósito de caracterizar las interacciones intermoleculares responsables de la estabilidad de los complejos de inclusión, analizamos la densidad electrónica de los puntos críticos de enlace asociados a puentes de hidrógeno intermoleculares de las estructuras calculadas.

## Resultados y Discusión

### Perfil termodinámico de la inclusión para Dif-2HP- $\beta$ CD y Dif- $\beta$ CD

En la Figura 1 se muestran los termogramas y las curvas de enlace para la titulación de las ciclodextrinas con el diflunisal aniónico (Dif). Al comparar los termogramas de ambas titulaciones notamos que la formación del complejo de inclusión con 2HP- $\beta$ CD parece ser ligeramente más exotérmica. Además, la forma de las curvas de enlace corresponde a reacciones poco cuantitativas, como es de esperarse para los complejos de inclusión. Utilizando el software de análisis, se ajusta la curva de enlace en función de la relación molar [Dif]/[CD], el calor de dilución de Dif en la solución buffer al pH correspondiente se resta de los calores de titulación.



**Figura 1.** Termogramas y curvas de enlace para la titulación de la CDs con Dif.

El ajuste para la estequiometría 1:1 da los valores de  $\Delta H^\circ$ ,  $-T\Delta S^\circ$  y  $\Delta G^\circ$  lo que permite la determinación de la constante de inclusión; estas cantidades se reportan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Parámetros termodinámicos (kcal/mol) para la inclusión de diflunisal en las ciclodextrinas.

Ciclodextrina	$\Delta H^\circ$	$-T\Delta S^\circ$	$\Delta G^\circ$	$\log\beta$ ( $M^{-1}$ )
2Hp- $\beta$ CD	$-3.13 \pm 0.02$	-2.20	-5.24	$3.839 \pm 0.008$
$\beta$ CD	$-2.43 \pm 0.15$	-2.51	-4.48	$3.559 \pm 0.002$

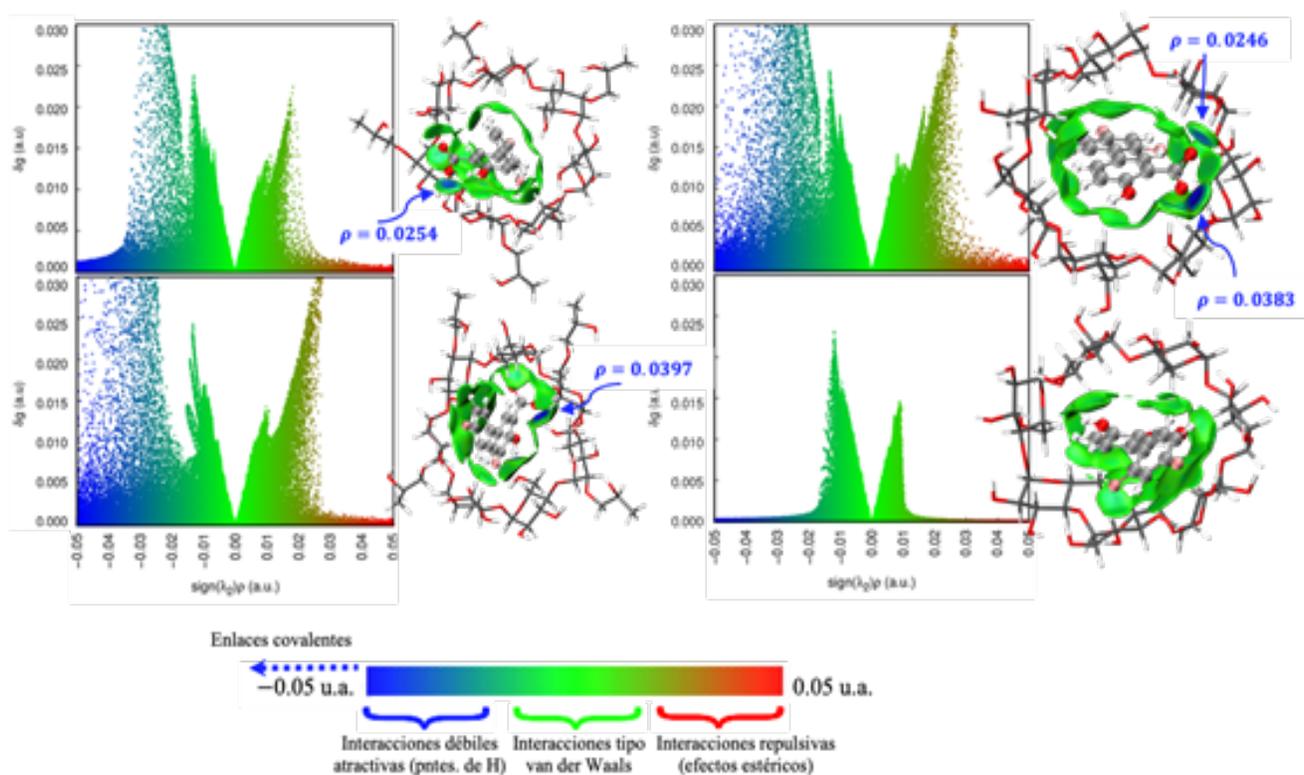
Los valores de las propiedades termodinámicas del proceso de inclusión indican que el proceso es exotérmico para ambas ciclodextrinas, ligeramente más exotérmico para el caso de la 2Hp- $\beta$ CD. La inclusión del Dif en la cavidad de las CDs produce un aumento en la entropía, el cual se asocia al aumento en los grados de libertad del sistema generado por las moléculas de agua que se desalojan de la cavidad de la CD para hacer lugar al fármaco. Ambos procesos de inclusión ocurren de forma espontánea en agua en las condiciones experimentales de  $\text{pH} = 7$  y  $T = 30$  °C. Las constantes de estabilidad de los complejos de inclusión son muy similares, como es de esperarse para ciclodextrinas con un tamaño de la cavidad similar.

### **Interacciones moleculares responsables de la estabilidad de los complejos de inclusión**

En cuanto a las interacciones moleculares responsables de la estabilidad de los complejos de inclusión, los modelos moleculares consideraron el hecho de que al pH del experimento el Dif se encuentra en forma aniónica. Además, como los grupos ionizables suelen quedar fuera de la ciclodextrina cuando se forman los complejos de inclusión, se modeló la posibilidad de introducir la molécula de Dif con el grupo carboxilato hacia abajo entrando por el anillo mayor, o hacia arriba entrando por el anillo menor de las CDs. La optimización de las geometrías de los complejos de inclusión en las configuraciones estudiadas, indican que para 2Hp- $\beta$ CD el complejo formado cuando el carboxilato entra por el anillo mayor apuntando hacia abajo es ligeramente más estable. En contraste, para la  $\beta$ CD, el complejo más estable se forma con el carboxilato entrando por el anillo mayor apuntando hacia abajo. Vale la pena indicar que las diferencias de energía no exceden los 5 kcal/mol, lo que indica que la orientación del carboxilato no es determinante para la estabilidad de los complejos de inclusión.

El análisis visual de las interacciones no covalentes a través del modelo del gradiente independiente basado en la partición de Hirshfeld (IGMH) se muestra en la Figura 2. Las gráficas se pueden dividir en tres regiones: en un extremo, las zonas azules corresponden con interacciones débiles atractivas, tipo puentes de hidrógeno, en el otro extremo, las zonas rojas se asocian con interacciones repulsivas tipo impedimento estérico, en la zona media de color verde encontramos las interacciones de van der Waals. Estas gráficas se pueden mapear al modelo molecular para visualizar las interacciones

que se dan entre la densidad electrónica del Dif y la densidad electrónica de la CD. Estas representaciones se muestran a la derecha de cada una de las gráficas. Como se puede observar, las regiones azules corresponden a la formación de puentes de hidrógeno entre el grupo carboxilato del Dif y alguno de los hidrógenos de la estructura de las CDs. Las superficies verdes permiten visualizar lo extenso de las interacciones de van der Waals, es interesante notar que las interacciones por efecto estérico son mínimas, lo que indica un ajuste adecuado del fármaco en la cavidad de la CD.



**Figura 2.** Interacciones débiles reveladas por medio de IGMH; la barra indica la naturaleza de las interacciones y las superficies en verde el espacio intermolecular revelan las interacciones tipo van der Waals.

Si bien, la visualización por medio del IGMH nos ayuda cualitativamente a reconocer las interacciones que estabilizan los complejos de inclusión, el análisis de la topología de la densidad permite un análisis cuantitativo. La densidad electrónica en los puntos críticos de enlace se muestra para cada modelo; como se puede notar, el complejo formado con la 2Hp- $\beta$ CD con el grupo carboxilato del Dif apuntando hacia

abajo establece una interacción más intensa entre los dos fragmentos del complejo de inclusión. Respecto a la  $\beta$ CD, el complejo con el carboxilato del Dif apuntando hacia arriba forma el complejo de inclusión con dos interacciones tipo puentes de hidrógeno, en contraste, el Dif con el carboxilato hacia abajo no forma puentes de hidrógeno.

## Conclusiones

La formación de complejos de inclusión entre diflunisal aniónico y 2Hp- $\beta$ CD o  $\beta$ CD es exotérmica, espontánea y poco cuantitativa. El proceso ocurre con la generación de entropía, que se origina por la deshidratación de la cavidad de las CDs tras la inclusión del fármaco.

Se encontró que la estabilidad del complejo de inclusión no se afecta por la manera en que el diflunisal entra en el hueco de la CD.

Las interacciones intermoleculares responsables de la estabilidad de los complejos de inclusión son los puentes de hidrógeno que se forman entre el anión carboxilato y algunos hidrógenos de los grupos hidroxilo de las ciclodextrinas. La aplicación del método IGMH en combinación con AIMALL, permite identificar la naturaleza de las interacciones y cuantificar la intensidad de los puentes de hidrógeno.

## Agradecimientos

Se agradece el apoyo al proyecto fármacos antiinflamatorios, interacciones fisicoquímicas responsables de su actividad, con clave DGAPA-UNAM, PAPIIT IN221621.

Se agradece a la Dirección de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación de la UNAM por el tiempo de cómputo a través del proyecto Modelado Molecular de Especies Químicas con Actividad Terapéutica, clave LANCAD-UNAM-DG-TIC-058.

## Referencias

- Crini, G. (2014). Review: A History of Cyclodextrins. *Chemical Reviews*, 114(21), 10940-10975. <https://doi.org/10.1021/cr500081p>
- Hohenstein, E. G., Chill, S. T., & Sherrill, C. D. (2008). Assessment of the Performance of the M05-2X and M06-2X Exchange-Correlation Functionals for Noncovalent Interactions in Biomolecules. *Journal of Chemical Theory and Computation*, 4(12), 1996-2000. <https://doi.org/10.1021/ct800308k>
- Kumar, P. S. V., Raghavendra, V., & Subramanian, V. (2016). Bader's Theory of Atoms in Molecules (AIM) and its Applications to Chemical Bonding. *Journal of Chemical Sciences*, 128(10), 1527-1536. <https://doi.org/10.1007/s12039-016-1172-3>
- Lu, T., & Chen, Q. (2022). Independent gradient model based on Hirshfeld partition: A new method for visual study of interactions in chemical systems. *Journal of Computational Chemistry*, 43(8), 539-555. <https://doi.org/10.1002/jcc.26812>
- Mardirossian, N., & Head-Gordon, M. (2017). Thirty years of density functional theory in computational chemistry: An overview and extensive assessment of 200 density functionals. *Molecular Physics*, 115(19), 2315-2372. <https://doi.org/10.1080/00268976.2017.1333644>
- Rekharsky, M. V., & Inoue, Y. (1998). Complexation Thermodynamics of Cyclodextrins. *Chemical Reviews*, 98(5), 1875-1918. <https://doi.org/10.1021/cr970015o>

# QUÍMICA VERDE EN LA SÍNTESIS DE UN LIGANTE TRIDENTADO (C,N,N) DERIVADO DE UNA BENCILFENILHIDRAZONA Y SU REACCIÓN DE ORTO-PALADACIÓN

*Arturo De La Luz Mendoza Cortés, Alberto Reyes Deloso, José Guillermo Penieres Carrillo, Fernando Ortega Jiménez\**

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México.  
[arturodllmc@gmail.com](mailto:arturodllmc@gmail.com), [sheva\\_deloso@comunidad.unam.mx](mailto:sheva_deloso@comunidad.unam.mx), [penieres@unam.mx](mailto:penieres@unam.mx),  
[fdo.ortega.unam.mx](mailto:fdo.ortega.unam.mx)\**

## Resumen

En el presente trabajo se presenta la síntesis de un ligante tridentado (C,N,N) derivado de una arilhidrazona que contiene un fragmento de tiazolidina a través de la condensación entre la N-bencil-N-fenilhidrazina y la 2-acetil-2-tiazolina y su reacción de orto-paladación directa utilizando cloruro de paladio (II), con el objetivo de formar un complejo ciclopaladado tipo pinza no simétrico Pd-CNN formado por una arilhidrazona y un núcleo de tiazolidina como fuentes de átomos donadores de nitrógeno. Ambas reacciones se llevaron a cabo apegándonos a los principios de la química verde, los compuestos se obtuvieron con buenos rendimientos y fueron caracterizados completamente por técnicas espectroscópicas convencionales, de Espectroscopia de Infrarrojo (IR) y Resonancia Magnética Nuclear de Hidrogeno y Carbono-13 (RMN de  $^1\text{H}$  y  $^{13}\text{C}$ )

**Palabras clave:** Química Verde, Arilhidrazona, orto-paladación, Ligante, Complejo Ciclopaladado

## Antecedentes

Un grupo importante de compuesto orgánicos son las hidrazonas (Belskaya et al., 2010), las cuales son sistemas orgánicos que contienen dos átomos de nitrógeno conectados de diferente naturaleza y un doble enlace C=N que se conjuga con un par de electrones del átomo de nitrógeno terminal. Este tipo de compuestos pueden prepararse por una condensación simple entre una hidrazina y un aldehído o cetona (Wade & Simek, s. f.) o bien, en un caso muy particular para fenilhidrazonas, por reacciones de acoplamiento entre sales de diazonio y un metileno activado (Japp & Klingemann, 1888). Las hidrazonas poseen una variedad importante de usos farmacéuticos probados como propiedades anticonvulsivas, anticancerígenas, antitumorales, antimicrobianas, antifúngicas y anti-VIH (Abdel-Rady et al., 2021). Además debido a sus estructura son utilizados como ligantes versátiles dentro de la química de coordinación y la química organometálica, ya que pueden a presentar diversas funcionalidades tales como amida, fenol ó metoxi, dando así diferentes posibilidades de coordinación con el metal (Abd El-Wahab et al., 2015).

En este sentido, la química organometálica se define como aquella rama que se encarga del estudio de los compuestos que presentan enlaces carbono-metal. Uno de los sistemas organometálicos que ha tenido un gran auge, son los denominados complejos ciclopaladados o paladaciclos (Dupont & Pfeffer, 2009). Un paladaciclo se puede definir como aquel complejo de paladio que contiene un enlace paladio-carbono intramolecular estabilizado por uno o dos átomos neutros donadores formando un ciclo generalmente de cinco miembros. Complejos tipo pinza, (Szabó & Wendt, 2014) donde el enlace paladio-carbono es estabilizado intramolecularmente por dos átomos dadores, son un subtipo interesante de paladaciclos. Aunque la mayoría son simétricos (Selander & Szabó, 2011), se ha informado de un número limitado de complejos asimétricos, a menudo sintetizados por rutas más desafiantes que sus análogos simétricos. En este contexto, se han informado diversos ejemplos de paladaciclos asimétricos u no simétricos tipo pinza sintetizados a partir de ligandos que contienen un fragmento heterocíclico donde el heteroátomo está coordinado al centro metálico, por ejemplo, pirazoles (Inés et al., 2008), oxazolinas (Hao et al., 2010), azoles (Luo et al., 2011), benzotiazoles (Kozlov et al., 2011), benzaldiminas (Aleksanyan et al., 2012), bencilimidazoles (Singh et al., 2016)C,E, piridinas (Ortega-Jiménez, Penieres-Carrillo, et al., 2015), entre otros (Figura 1).

Las síntesis basadas en disoluciones que implican ciclopaladación directa, adición oxidativa, transmetalación y rutas de introducción de ligandos, son catalogadas como métodos estándar que proporcionan paladaciclos tipo pinza con casi cualquier tipo de ligante (Dupont et al., 2005) "volume": "105", "author": [{"family": "Dupont", "given": "Jairton"}, {"family": "Consorti", "given": "Crestina S."}, {"family": "Spencer", "given": "John"}], "issued": {"date-parts": [{"2005", 6, 1}]}, "schema": "https://github.com/citation-style-language/schema/raw/master/csl-citation.json" . Sin embargo, crecientes demandas de seguridad ambiental y economía impulsan el desarrollo de nuevas síntesis ecológicas y protocolos eficientes, por ejemplo, el empleo de fuentes alternas de activación y el uso de medios acuosos como disolvente.

La aplicación del agua como un medio de reacción, es ambientalmente benigno, además de ser una alternativa económicamente favorable en comparación a los solventes orgánicos y se ha vuelto un campo muy activo de investigación en química sintética (Horváth, 2008) y catálisis (Liu & Xiao, 2007). No obstante, el utilizar esta metodología en la síntesis de complejos ciclopaladados se vuelve un reto ya que algunos complejos suelen ser inestables bajo condiciones acuosas.

Por otro lado, nuevas metodologías basadas en fuentes alternas al calentamiento convencional tales como las microondas (Kappe et al., 2009), el ultrasonido (Nowak, 2011) y la mecanoquímica (Reschetilowski, 2013), han ganado creciente atención en los últimos años, como una importante sección de lo que se conoce como Química Verde (P. T. Anastas & Warner, 1998). Sin embargo, el uso exitoso de estas metodologías podría estar restringido el acceso de equipos sofisticados y/o caros. En este contexto, la irradiación infrarroja (IR) es otra fuente de calentamiento no convencional que ha sido poco explorada en comparación con otras. Una revisión reciente (Escobedo et al., 2016) muestra el alcance del uso de la IR como fuente de calentamiento no convencional para promover diferentes transformaciones químicas.

Recientemente nuestro equipo de investigación demostró el uso de IR en la síntesis de arilhidrazonas (Ortega-Jiménez et al., 2017) y en la reacción de acoplamiento Suzuki-Miyaura (Ortega-Jiménez et al., 2017), obteniendo excelentes resultados. Adicionalmente, se ha trabajado en la síntesis de complejos ciclopaladados no simétricos (sin un núcleo de benceno) derivados de arilhidrazonas que contienen un fragmento heterocíclico de piridina (Ortega-Jiménez, Domínguez-Villa, et al., 2015), obteniendo sistemas ciclopaladados estables al aire y la humedad, los cuales han sido utilizados como sistemas catalíticos en reacciones de acoplamiento C-C empleando la IR como fuente de calentamiento.

Dado lo anterior e inspirados en estos resultados, diseñamos la síntesis de un nuevo paladaciclo tipo pinza no simétrico, combinando una funcionalidad de arilhidrazona con un fragmento de tiazolina como sitios de coordinación, utilizando principios en química verde a través del uso de un sistema acuoso como medio de reacción y empleando IR como fuente alterna de calentamiento, los resultados sobre esta síntesis se discuten a continuación.

## Objetivo

Sintetizar un ligante tridentado (C,N,N) derivado de una arilhidrazona a través de la condensación entre la bencilfenilhidrazina y la 2-acetil-2-tiazolina y estudiar su reacción de *orto*-paladación directa con la finalidad de obtener un paladaciclo tipo pinza no simétrico Pd-CNN empleando principios de Química Verde.

## Parte experimental

Todas las operaciones se llevaron a cabo en atmósfera abierta. Los reactivos utilizados fueron de grado analítico disponible comercialmente y se utilizaron tal como se recibieron. La cromatografía en columna se realizó usando gel de sílice de malla 70-230 y/o alúmina neutra. Los disolventes para separaciones cromatográficas se destilaron antes del uso. Los compuestos se caracterizaron usando Resonancia Magnética de Hidrogeno (RMN  $^1\text{H}$ ) medida en un equipo Varian Eclipse Los puntos de fusión se obtuvieron con un aparato Melt-Temp II y no están corregidos.

### ***Procedimiento general para la síntesis de la arilhidrazona (compuesto 1).***

En un matraz bola de dos bocas se agregó 0.2g (0.87 mmol) 1-bencil-1-fenilhidrazina y 0.0740 g (0.87 mmol) de Acetato de Sodio en 10 mL de Etanol como disolvente, la mezcla se sometió a reflujo bajo (IR) por 10 minutos, al finalizar el tiempo se agrega gota a gota 2-acetil-2-tiazolina 0.1 mL (0.87 mmol) manteniendo el reflujo por 180 minutos. Se monitoreó el avance de la reacción por cromatografía de capa fina. Al finalizar el tiempo de reacción la mezcla se dejó enfriar a temperatura ambiente y se agregan 10 mL de agua y se realiza una extracción líquido-líquido empleando acetato de etilo (3x10 mL). La fase orgánica se secó con sulfato de sodio anhidro y el producto en crudo fue purificado por cromatografía en columna de sílica como fase estacionaria

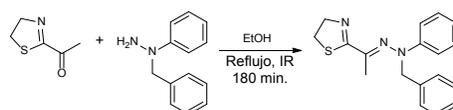
y un gradiente hexano/acetato de etilo como fase móvil. El compuesto se caracterizó por Resonancia Magnética Nuclear de  $^1\text{H}$ .

### ***Procedimiento general para la síntesis del paladaciclo (compuesto 2)***

En un matraz bola de dos bocas se agregó 0.0346 g (0.19514 mmol) Cloruro de Paladio (II) y 8 mL de agua, la mezcla se llevó a reflujo con IR durante 10 minutos, posteriormente se agregó 0.0516 g (0.16569 mmol) del ligante tridentado previamente disuelto en etanol (5 mL) manteniendo el sistema en reflujo por 120 min, el avance de la reacción se monitoreó mediante cromatografía en capa fina. Al finalizar el tiempo de reacción la mezcla se dejó enfriar a temperatura ambiente, se diluyó en agua (10 mL) y fue extraída con cloruro de metileno (3x10 mL). Las fases orgánicas obtenidas fueron secadas utilizando sulfato de sodio anhidro. El producto en crudo fue purificado por cromatografía en columna de alúmina como fase estacionaria, un gradiente hexano/cloruro de metileno como fase móvil y se caracterizó empleando Resonancia Magnética Nuclear de  $^1\text{H}$ .

### **Resultados y discusión**

La arilhidrazona con un fragmento de tiazolina **1** se prepararon empleando la reacción de condensación entre la bencilfenilhidrazina y la 2-acetil-2-tiazolina en una relación molar 1: 1 en etanol bajo irradiación infrarroja (IR) como fuente de activación durante 180 minutos (Esquema 1). Después de la purificación realizada por cromatografía en columna, la arilhidrazona **1** fue aislado como un sólido cristalino color amarillo con un punto de fusión de  $80^\circ\text{C}$  y en un rendimiento de 84%, su estructura fue confirmada por Espectrofotometría de IR y RMN de  $^1\text{H}$ .

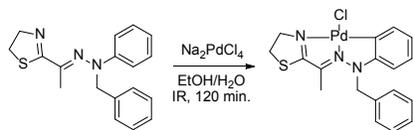


**Esquema 1.** Síntesis de ligante tridentado C,N,N

La espectroscopia de RMN de  $^1\text{H}$  del compuesto **1** es consistente con su estructura molecular. En el espectro de RMN  $^1\text{H}$  (Figura 1) para el ligante tridentado, se observa desplazada a campos altos en 2.02 ppm un singulete que integra para tres unidades y que corresponde a los hidrógenos del grupo metilo, en esta misma zona en un des-

plazamiento de 3.21 ppm se encuentra una señal triplete ( $J = 9.9$  MHz), la cual se encuentra acoplada con otra señal triple que se ubica en 4.35 ppm ( $J = 9.9$  MHz) y que integran para dos protones cada una fueron asignadas a los grupos metileno del anillo de tiazolidina señalados como H-b y H-a respectivamente; hacia 4.98 ppm se logra observar una señal simple que integra para dos unidades, la cual corresponde al metileno del grupo bencilo. Hacia zona de aromáticos, se aprecia un triplete que se centra en un desplazamiento de 6.95 ppm y que integra para un protón la cual pertenece al H-g, en 7.06 ppm aparece una señal doble que integra para dos que corresponde a los H-e, hacia campos más bajos se observa una señal triple en un desplazamiento de 7.31 ppm y que integra para dos hidrógenos dicha señal es asignada a los protones H-f. Finalmente, en un intervalo de 7.22-7.27 ppm aparece una señal múltiple que integra para cinco hidrógenos, correspondientes a los H-i, H-j y H-k del grupo bencilo.

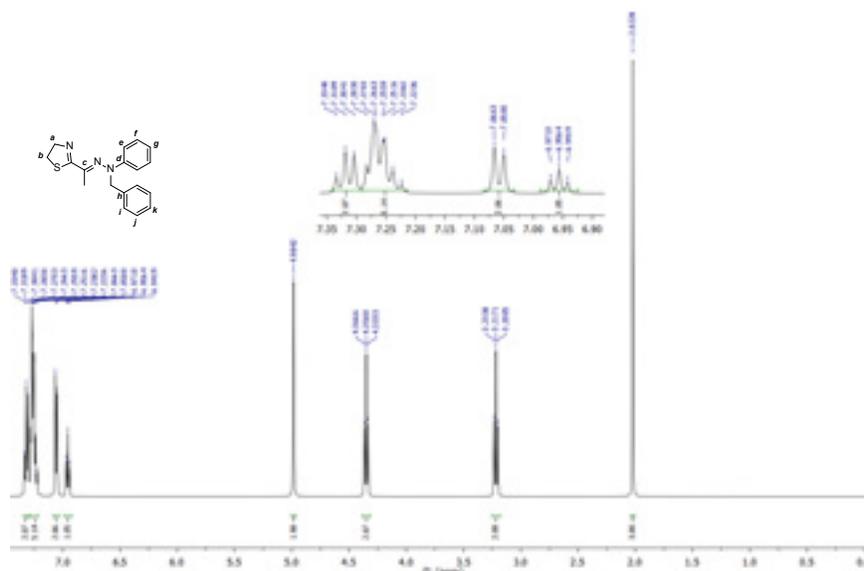
Una vez obtenido la hidrazona **1**, se llevó a cabo la síntesis del correspondiente complejo ciclopaladado. La reacción de ciclopaladación directa en medio acuoso se llevó a cabo con el ligante **1** y 1 equiv. de  $\text{Na}_2\text{PdCl}_4$  (previamente sintetizado in situ) a reflujo empleando IR como fuente de activación por 120 minutos (Esquema 2). El paladacilo **2** se aisló con éxito después de su purificación por cromatografía en columna como un sólido de color naranja estable al aire y la humedad en un rendimiento de 72% y punto de fusión a descomposición de 237 °C. Su estructura fue establecida por medio de Resonancia Magnética Nuclear de  $^1\text{H}$ .



**Esquema 2.** Obtención del paladacilo (reacción de paladación).

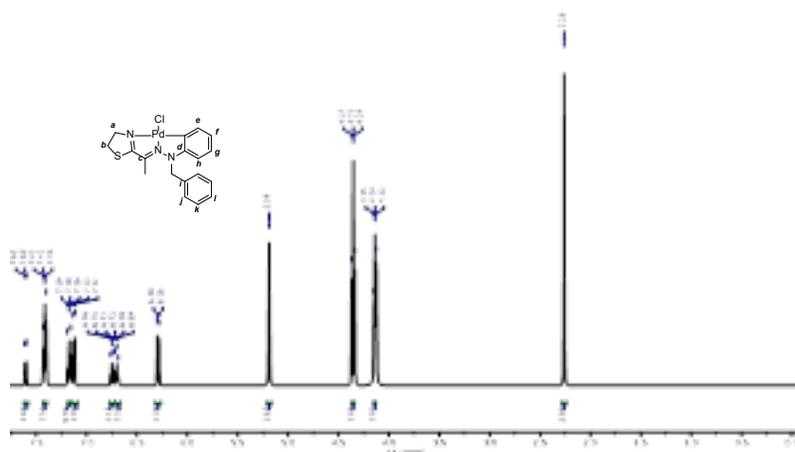
En el espectro de RMN  $^1\text{H}$  (Figura 2) para el paladacilo, se observan cambios significativos en comparación al espectro del ligante libre, sobre todo en zona de aromáticos, en un desplazamiento de 6.30 ppm aparece un doblete que integra para dos unidades correspondiente a los H-e, en esta misma zona se logran apreciar dos señales triples que integran para un protón cada una en 6.70 ppm y 6.75 ppm y que son atribuidas a los hidrógenos H-f y H-g respectivamente, hacia campos más bajos aparece un doblete en 7.13 ppm el cual integra para un hidrogeno y que corresponde al H-h, es de resaltar que esta señales son características para un compuesto ortopaladado, con lo cual se confirma la obtención del paladacilo. De igual forma en esta zona, aparece

una señal doble en 7.13 ppm que integra para dos unidades correspondiente a los H-j, la señal debida al H-l se logra observar como un triplete que integra para un protón y que aparece en un desplazamiento que se centra en 7.18 ppm, mientras que la señal debida a los H-k se muestran como una señal triple ubicada en un desplazamiento de 7.42 ppm.



**Figura 1.** Espectro de RMN  $^1\text{H}$  (300 MHz,  $\text{CDCl}_3$ , 25 °C, TMS) para el ligante tridentado.

Hacia frecuencias bajas, se observan las señales correspondientes a los grupo metileno del anillo de la tiazolidina H-b y H-a que aparecen como dos señales triples que integran para dos protones en 4.35 ppm y 4.14 ppm respectivamente, una señal simple que integra para dos protones y que se ubica en 5.19 ppm es asignada a hidrógenos bencílicos. Finalmente, la señal correspondiente a los hidrógenos del grupo metilo se observa desplazada a campos altos en 2.26 ppm como una señal simple que integra para tres protones.



**Figura 2.** Espectro de RMN de  $^1\text{H}$  (300 MHz,  $\text{DMSO}-d_6$ , 25 °C, TMS).

Por otra parte, para poder considerar que la síntesis del complejo ciclopaladado 2 a partir del ligantes 1 sigue un protocolo verde, hay que recordar que los planteamientos de la Química Verde son regulados por 12 principios (P. Anastas & Eghbali, 2010; P. T. Anastas & Warner, 1998). No obstante, la Química Verde no estipula un número mínimo de principios que deben satisfacerse para que en un proceso, un producto químico o una reacción sean considerados como verdes.

En ese sentido, podemos destacar que el protocolo planteado en este trabajo incide en el principio 2 que nos habla de economía atómica. El concepto de economía atómica (EA) se debe a B. M Trost (B. Trost, 1991; B. M. Trost, 1995) regio-, diastereo-, and enantio- y probablemente sea uno de los parámetros de análisis de reacciones más útiles. De acuerdo con el modelo propuesto por Trost (B. Trost, 1991; B. M. Trost, 1995) regio-, diastereo-, and enantio-, la economía atómica para la obtención de los ligantes 1 es del 94.5 % mientras que la síntesis del complejo 2 es del 92.6 %.

En la reacción paladación se genera un producto organometálico que hasta nuestro mejor conocimiento no es tóxico, además de ser estable al aire a la humedad, tiene la característica estructural para poder ser utilizado como un sistema catalítico en las denominadas reacciones de acoplamiento C-C. De esta manera la síntesis del paladaciclo aplica en el principio 4. El uso de agua y etanol como disolventes, incide en el principio 5 que indica reducir el uso de sustancias auxiliares y en el caso de que se utilicen que sean lo más inocuos posible.

Es importante mencionar que tanto la síntesis de los ligantes, así como la de los complejos se realizó también usando calor convencional. En este sentido, en la síntesis del

ligante, el tiempo de reacción se ve incrementado considerablemente observándose un tiempo de reacción de 6h, mientras que, en la formación del complejo, la reacción procede en 4h, los tiempos fueron determinados por ccf, basándonos en la desaparición de las materias primas de partida. Este resultado muestra que el empleo de la IR presenta una disminución considerable en los tiempos de reacción, lo cual es consistente con el principio 6, que nos habla sobre disminuir el consumo energético en las reacciones o procesos químicos.

Finalmente, en la formación de los compuestos sintetizados en este trabajo no hubo la necesidad de usar la formación de derivados (grupos de bloqueo, de protección/desprotección, modificación temporal de procesos físicos/químicos), con esto se logró aplicar el principio 8.

## Conclusiones

Fue posible realizar la síntesis de un nuevo ligantes que tienen un grupo arilhidrazona y un fragmento tiazolina como sitios de coordinación.

Se logró la síntesis de un paladaciclo tipo pinza no simétrico Pd-CNN a través de una la reacción de ciclopaladación directa en buenos rendimientos.

Ambas reacciones se lograron realizar a través de un protocolo en química verde incidiendo en al menos 5 principios.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNAM-DGAPA por el financiamiento del proyecto PAPIIT-IN210721 y al Programa Cátedras de Investigación CI2221 FES Cuautitlán.

## Referencias

- Abd El-Wahab, H., Abd El-Fattah, M., Ahmed, A. H., Elhenawy, A. A., & Alian, N. A. (2015). Synthesis and characterization of some arylhydrazone ligand and its metal complexes and their potential application as flame retardant and antimicrobial additives in polyurethane for surface coating. *Journal of Organometallic Chemistry*, 791, 99-106. <https://doi.org/10.1016/j.jorganchem.2015.05.024>
- Abdel-Rady, M., Mahross, M. H., El-Adasy, A.-B. A., Atalla, A. A., Khames, A. A., & Hussein, A. H. M. (2021). Functionally substituted arylhydrazones as building blocks in heterocyclic synthesis: Facile synthesis of pyrazoles, triazoles, triazines and quantum chemical studies. *Synthetic Communications*, 51(20), 3099-3115. <https://doi.org/10.1080/00397911.2021.1961275>
- Aleksanyan, D. V., Kozlov, V. A., Shevchenko, N. E., Nenajdenko, V. G., Vasil'ev, A. A., Nelyubina, Y. V., Ananyev, I. V., Petrovskii, P. V., & Odinets, I. L. (2012). Hybrid NCS palladium pincer complexes of thiophosphorylated benzaldimines and their ketimine analogs. *Journal of Organometallic Chemistry*, 711, 52-61. ScienceDirect.
- Anastas, P., & Eghbali, N. (2010). Green Chemistry: Principles and Practice. *Chemical Society Reviews*, 39(1), 301-312. <https://doi.org/10.1039/B918763B>
- Anastas, P. T., & Warner, J. C. (1998). *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press. <https://books.google.com.ar/books?id=SrO8QgAACAAJ>
- Belskaya, N. P., Dehaen, W., & Bakulev, V. A. (2010). Synthesis and properties of hydrazones bearing amide, thioamide and amidine functions. *ARKIVOC*, 2010(1), 275-332. <https://doi.org/10.3998/ark.5550190.0011.108>
- Dupont, J. ( 1 ), & Pfeffer, M. ( 2 ). (2009). Palladacycles: Synthesis, Characterization and Applications. *Platinum Metals Review*, 53(2), 67-68. Scopus®. <https://doi.org/10.1595/147106709X436976>
- Dupont, J., Consorti, C. S., & Spencer, J. (2005). The Potential of Palladacycles: More Than Just Precatalysts. *Chemical Reviews*, 105(6), 2527-2572. <https://doi.org/10.1021/cr030681r>
- Escobedo, R., Miranda, R., & Martínez, J. (2016). Infrared Irradiation: Toward Green Chemistry, a Review. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(4). <https://doi.org/10.3390/ijms17040453>
- Hao, X.-Q., Wang, Y.-N., Liu, J.-R., Wang, K.-L., Gong, J.-F., & Song, M.-P. (2010). Unsymmetrical, oxazolinyl-containing achiral and chiral NCN pincer ligand precursors and their complexes with palladium(II). *Journal of Organometallic Chemistry*, 695(1), 82-89. <https://doi.org/10.1016/j.jorganchem.2009.09.031>
- Horváth, I. T. (2008). Solvents from nature. *Green Chemistry*, 10(10), 1024-1028. <https://doi.org/10.1039/B812804A>

- Inés, B., SanMartin, R., Churruca, F., Domínguez, E., Urriaga, M. K., & Arriortua, M. I. (2008). A Nonsymmetric Pincer-Type Palladium Catalyst In Suzuki, Sonogashira, and Hiya-ma Couplings in Neat Water. *Organometallics*, 27(12), 2833-2839. <https://doi.org/10.1021/om800175a>
- Japp, F. R., & Klingemann, F. (1888). Ueber die Constitution einiger sogenannten gemischten Azoverbindungen. *Justus Liebigs Annalen der Chemie*, 247(2), 190-225. <https://doi.org/10.1002/jlac.18882470208>
- Kappe, O. C., Dallinger, D., & Murphee, S. S. (2009). Practical Microwave Synthesis for Organic Chemists: Strategies, Instruments, and Protocols. *Journal of the American Chemical Society*, 131(20), 7204-7204. Academic Search Ultimate.
- Kozlov, V. A., Aleksanyan, D. V., Nelyubina, Y. V., Lyssenko, K. A., Petrovskii, P. V., Vasil'ev, A. A., & Odinets, I. L. (2011). Hybrid Thiophosphoryl-Benzothiazole Palladium SCN-Pincer Complexes: Synthesis and Effect of Structure Modifications on Catalytic Performance in the Suzuki Cross-Coupling. *Organometallics*, 30(11), 2920-2932. <https://doi.org/10.1021/om101012r>
- Liu, S., & Xiao, J. (2007). Toward green catalytic synthesis—Transition metal-catalyzed reactions in non-conventional media. *Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 270(1), 1-43. <https://doi.org/10.1016/j.molcata.2007.01.003>
- Luo, Q.-L., Tan, J.-P., Li, Z.-F., Qin, Y., Ma, L., & Xiao, D.-R. (2011). Novel bis(azole) pincer palladium complexes: Synthesis, structures and applications in Mizoroki-Heck reactions. *Dalton Transactions*, 40(14), 3601-3609. Scopus®. <https://doi.org/10.1039/c0dt01414a>
- Nowak, F. M. (2011). *Sonochemistry: Theory, Reactions, Syntheses, and Applications*. Nova Science Publishers, Inc.
- Ortega-Jiménez, F., Domínguez-Villa, F. X., Rosas-Sánchez, A., Penieres-Carrillo, G., López-Cortés, J. G., & Ortega-Alfaro, M. C. (2015). An expedient approach to enhance Mizoroki-Heck coupling reaction by infrared irradiation using palladacycle compounds. *Applied Organometallic Chemistry*, 29(8), 556-560. <https://doi.org/10.1002/aoc.3331>
- Ortega-Jiménez, F., Penieres-Carrillo, J. G., Lagunas-Rivera, S., López-Cortés, J. G., Álvarez-Toledano, C., & Ortega-Alfaro, M. C. (2015). Infrared irradiation assisted both the synthesis of (Z)-(aminomethyl)(aryl)phenylhydrazones via the Mannich coupling reaction and their application to the palladium-catalyzed Heck reaction. *RSC Advances*, 5(99), 80911-80918. <https://doi.org/10.1039/C5RA12715G>
- Ortega-Jiménez, F., Penieres-Carrillo, J. G., López-Cortés, J. G., Carmen Ortega-Alfaro, M., & Lagunas-Rivera, S. (2017). Arylhydrazones Derivatives Containing a Benzothiazole Moiety, Efficient Ligands in the Palladium-Catalyzed Mizoroki-Heck and Suzuki-Miyaura Cross-coupling Reactions under IR Irradiation. *Chinese Journal of Chemistry*, 35(12), 1881-1888. <https://doi.org/10.1002/cjoc.201700390>

- Reschetilowski, W. (2013). *Microreactors in Preparative Chemistry: Practical Aspects in Bioprocessing, Nanotechnology, Catalysis and More* (p. 335). <https://doi.org/10.1002/9783527652891>
- Selander, N., & Szabó, K. J. (2011). Catalysis by Palladium Pincer Complexes. *Chemical Reviews*, 111(3), 2048-2076. <https://doi.org/10.1021/cr1002112>
- Singh, M. P., Saleem, F., Rao, G. K., Kumar, S., Joshi, H., & Singh, A. K. (2016). Palladacycles of unsymmetrical (N,C-,E) (E = S/Se) pincers based on indole: Their synthesis, structure and application in the catalysis of Heck coupling and allylation of aldehydes. *Dalton Transactions*, 45(15), 6718-6725. <https://doi.org/10.1039/C6DT00060F>
- Szabó, K. J., & Wendt, O. F. (2014). *Pincer and pincer-type complexes: Applications in organic synthesis and catalysis*. (Instituto de Ciencias Nucleares QD262 P55). Wiley-VCH; LIBRUM-NAM. <http://pbidi.unam.mx:8080/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat02025a&AN=lib.MX001001696582&lang=es&site=eds-live>
- Trost, B. (1991). The Atom Economy—A Search for Synthetic Efficiency. *Science*, 254(5037), 1471-1477. <https://doi.org/10.1126/science.1962206>
- Trost, B. M. (1995). Atom Economy—A Challenge for Organic Synthesis: Homogeneous Catalysis Leads the Way. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 34(3), 259-281. <https://doi.org/10.1002/anie.199502591>
- Wade, J. L. G., & Simek, J. W. (s. f.). *Organic Chemistry*, 9e. Pearson Education India.

# EL USO DE HERRAMIENTAS VIRTUALES COMO COMPLEMENTO DE LA INVESTIGACIÓN EN LA EVOLUCIÓN QUÍMICA

*Jorge Ulises López Pérez, Laura Beatriz Salazar Nieva, Claudio Alejandro Fuentes Carreón,  
Alejandro Heredia Barbero\**

*Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM, [jorulilop@gmail.com](mailto:jorulilop@gmail.com)*

## Resumen

La pandemia de Covid-19 es un reto para el trabajo en el laboratorio, por el poco acceso a las instalaciones académicas. Aquí proponemos el uso de software computacional de acceso libre y de paga, los cuales permiten una caracterización adicional de los experimentos del laboratorio de Evolución Química. La dinámica molecular parte de teorías ya establecidas para describir la interacción de moléculas y así generar resultados que se asemejen con la experimentación, lo cual le permite al usuario entender a nivel molecular el fenómeno observado en el laboratorio y llevarlo al nivel macroscópico. El objetivo del trabajo es presentar paqueterías que resuelvan esta problemática. En particular dos ejemplos de cálculos teóricos, espectro UV-Vis e infrarrojo, los cuales son métodos de caracterización muy usados en los laboratorios. En este trabajo, observamos que las técnicas computacionales son un buen complemento para los procesos experimentales que pueden darse en el marco de complejo durante la pandemia por covid-19.

**Palabras clave:** AMBER, Molden, dinámica molecular, controlador a distancia, evolución química.

## Antecedentes

El trabajo en laboratorio en las carreras de ciencia es parte fundamental en la formación académica y profesional. El mismo está siendo obstaculizado por la contingencia sanitaria de Covid-19; situación que ha forzado a los docentes e investigadores a buscar nuevas herramientas de trabajo y enseñanza a distancia entre las cuales destacan los programas de control remoto y los motores de optimización de geometría y dinámica molecular tanto de uso libre como de paga. Entre los programas más populares se encuentran AMBER (D. A. Case, 2022), Molden (Schaftenaar, 2000) y HyperChem (Hypercube, Inc., 2007) siendo los dos primeros de uso libre y el tercero de pago. Todos permiten visualizar y realizar cálculos numéricos. Una optimización de geometría genera los parámetros estructurales de las simulaciones de acuerdo a las bases de datos de estructuras y la dinámica molecular permite al usuario construir una molécula como si fueran pelotas unidas con resortes en el tiempo, es decir, el enfoque para hacer el cálculo está realizado desde la mecánica clásica como una aproximación. Existe otro enfoque más realista que es el de la mecánica cuántica, la cual considera a los enlaces como una combinación lineal de orbitales moleculares tomando en cuenta los estados HOMO y LUMO. Para escoger el método a implementar hay que tomar en cuenta el costo computacional, los elementos de la tabla periódica con los que se va a trabajar y esto a la postre, definirá los cálculos a nivel clásico o cuántico.

En este sentido, el concepto de enlace es fundamental para la comprensión de fenómenos químicos, particularmente las reacciones de descomposición y sustitución estudiadas en el laboratorio. En la teoría del enlace químico, este se trata de una atracción entre átomos. Esta atracción los mantiene juntos, como consecuencia de las interacciones de los electrones que se encuentran en un estado basal de energía. Adicionalmente, la reacción química se produce cuando las sustancias que tenemos inicialmente (reactivos), se transforman en otras distintas (productos), habiendo un reordenamiento de átomos iniciales, donde se rompen y forman nuevos enlaces. De ahí que las teorías de enlace son de vital importancia para pasar de un método experimental a uno computacional. La teoría de orbitales moleculares (OM) dice:

*“La combinación de orbitales atómicos en átomos diferentes forma orbitales moleculares, de modo tal que los electrones que los ocupan pertenecen a la molécula como un todo.”* (Whitten, 2015, p. 330).

Dentro de la combinación de orbitales moleculares, encontramos dos niveles de energía de especial interés, siendo estos HOMO y LUMO.

*“El HOMO (es el orbital ocupado de mayor energía) y LUMO (es el orbital desocupado de menor energía) son los orbitales moleculares de frontera que desarrollan un papel decisivo en las propiedades*

*eléctricas de los sistemas moleculares y sus reactividades*” (Prades, 2017, p. 1)

Para calcular las propiedades de moléculas relacionadas con el enlace químico los programas Amber y Molden simplifican la teoría usando un modelo clásico como lo es el oscilador armónico, interacciones coulombicas y de Lennard-Jones para reproducir comportamientos experimentales con un menor costo computacional y a la vez permite modelar sistemas más grandes y/o complejos como codones, proteínas, compuestos inorgánicos cristalinos y fragmentos de ADN en vacío o en solución. Una de las propiedades que se derivan del enlace químico es el espectro infrarrojo (IR) ya que este se basa en las frecuencias de vibración específicas de cada enlace perteneciente a una molécula y por lo tanto no son necesarios cálculos más complejos como lo son los cuánticos. En el trabajo de Rangel (Rangel, 2010) hacen una comparación del espectro IR obtenido mediante un cálculo clásico y uno semiempírico y concluyen que no hay una diferencia significativa y adicionalmente concuerda con el obtenido experimentalmente. Una segunda propiedad consecuencia del enlace es el espectro ultravioleta y visible (UV-Vis) el cual permite saber cómo el compuesto interactúa con su entorno y se usa para cuantificar la cantidad de analito a partir de la cantidad de luz absorbida por el cromóforo de la molécula. HyperChem modela el enlace de la molécula de interés de acuerdo a distintos niveles de teoría desde mecánica molecular y también mediante la teoría de orbitales moleculares. Obtiene los estados HOMO y LUMO para calcular la probabilidad de transición de un electrón de acuerdo con la longitud de onda y este cálculo suele requerir un mayor coste computacional al estar tratando con estados cuánticos que se traduce en muchos cuerpos cargados interactuando. En el trabajo de Gerasymchuk (Gerasymchuk, 2010) calcularon el espectro UV-Vis para predecir posibles cambios estructurales en 5-sulfosalicilato Zr(IV) ftalocianina. En el contexto de la actual pandemia por covid-19 estas herramientas informáticas son de diametral importancia para dar continuidad a los cursos docentes y al desarrollo de las actividades académicas en general. Las herramientas computacionales no se limitan a las que nos ayudan a programar o a obtener datos adicionales de nuestros experimentos, pero también es importante difundir en nuestras comunidades el uso de programas de control remoto de computadoras como son Chrome Remote Desktop - Google (gratis), TeamViewer (de paga) y Supremo (gratis y de paga). Estos programas de enlace y control remoto también nos permiten hacer de uso de múltiples usuarios un programa que deba estar instalado en una sola computadora.

Una vez superada la emergencia sanitaria los métodos computacionales no deben ser dejados a un lado, sino implementarse dentro del laboratorio (Figura 1).



**Figura 1.** Laboratorio de Evolución Química, Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM.

## Objetivo

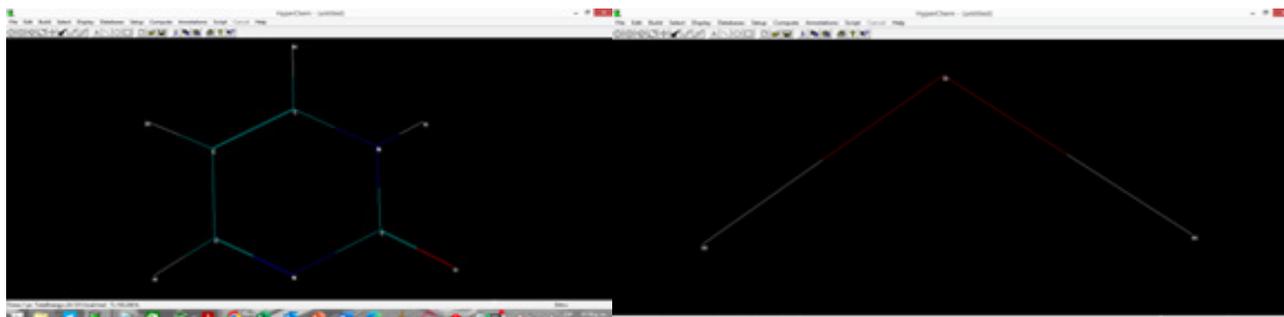
Mostrar la utilidad de herramientas computacionales en la caracterización de reacciones químicas en un contexto de química prebiótica, para investigación y docencia.

## Metodología

Se construyeron tres sistemas para comprender el uso de los programas propuestos además de la utilidad en investigación y docencia.

En el primer sistema se construyó una molécula de agua con el modelo de puntos simples para las cargas (o del inglés Single point charges, SPC) en HyperChem. Se minimizó el sistema y posteriormente se corrió una dinámica molecular de alrededor de 100 ps a 298 K para finalmente calcular el espectro infrarrojo teórico (véase Figura 2a). HyperChem además de cálculos basados en la mecánica clásica se pueden realizar cálculos semiempíricos (basados en la mecánica cuántica), para demostrar el uso de este programa como herramienta docente y de investigación se hizo el cálculo de un espectro UV-Vis de una molécula sencilla de importancia prebiótica como lo es la citosina mediante el método ZINDO-S con single point CI (véase Figura 2b) Finalmente se comparó con el espectro experimental.

Los cálculos realizados en HyperChem se realizaron vía control remoto con una computadora con licencia.

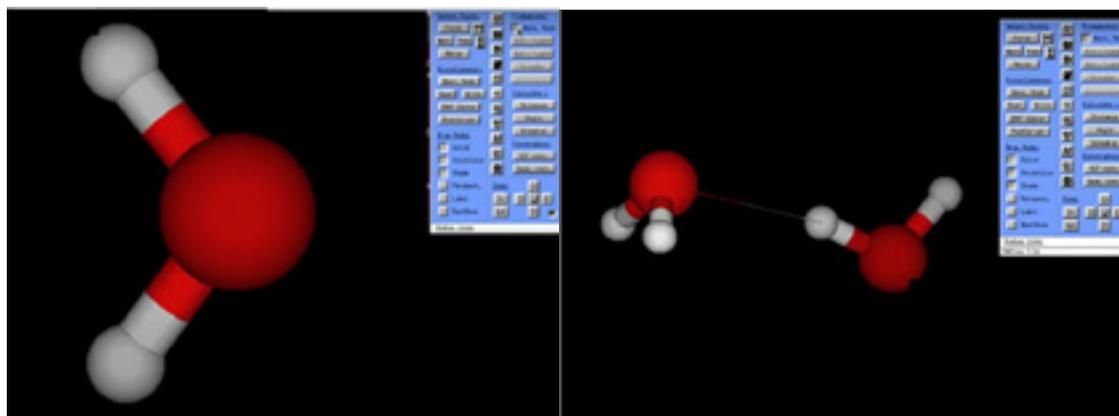


a)

b)

**Figura 2.** a) Molécula de agua SPC en Hyperchem con método clásico. b) Molécula de Citosina con método semiempírico.

El segundo sistema se construyó en Molden (véase Figura 3), en este programa se pueden modelar los puentes de hidrógeno por lo que se calcularon los infrarrojos con y sin interacciones de este tipo para comparar directamente con el obtenido con el programa anterior y entre sí. Una desventaja que presenta Amber para realizar estos cálculos es que se usa mediante comandos y scripts en la terminal de Ubuntu.



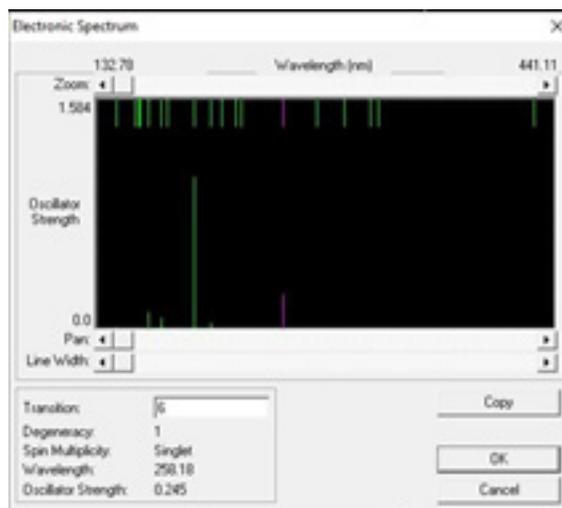
a)

b)

**Figura 3.** a) Molécula de agua SPC en Molden. b) 2 moléculas de agua con interacción puente de hidrógeno.

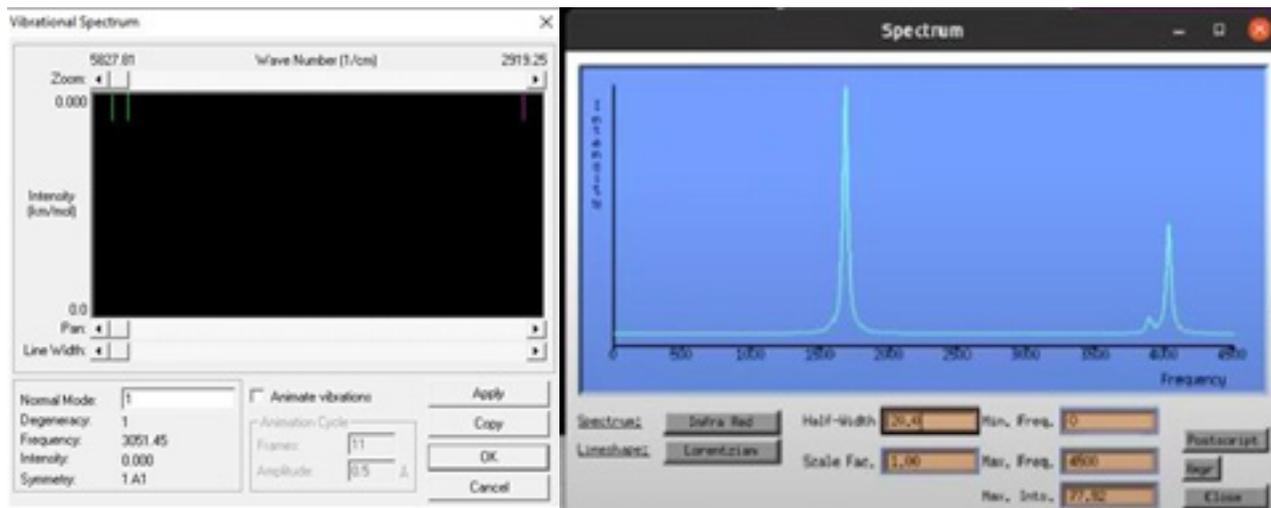
## Resultados y discusión

En el espectro UV-Vis obtenido en Hyperchem (Figura 4), se tiene en la parte superior una serie de barras que representan las posibles transiciones de la molécula y en la parte inferior la intensidad de las transiciones más probables. Las señales más intensas se encuentran situadas a 258.18 nm y a 198.77 nm, la primera señal coincide con el espectro UV-Vis obtenido en el equipo del laboratorio, la segunda señal aunque es de una intensidad considerable, no la podemos observar por la resolución del equipo que va de 200 a 800 nm. Si bien este tipo de análisis no nos permite cuantificar concentraciones, predice un aspecto cualitativo del analito que podemos usar para prever si tendrá señal en el rango del equipo y así evitar gastar recursos.



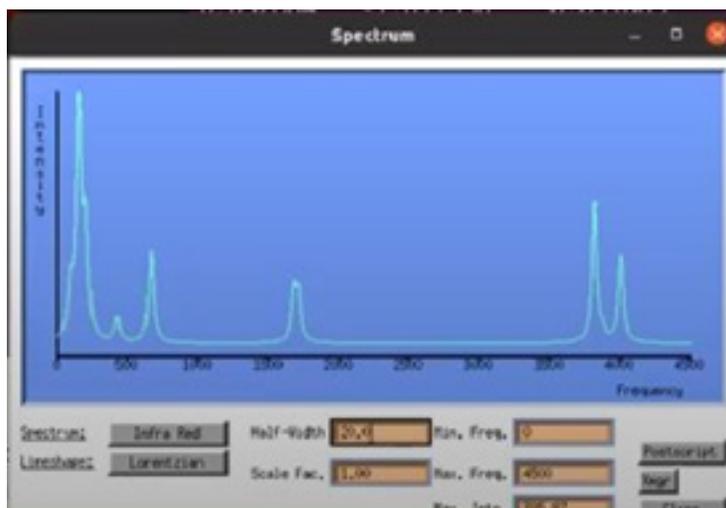
**Figura 4.** Espectro UV-Visible de la citosina calculado en HyperChem.

En la Figura 5. a) se observa el espectro IR calculado mediante Hyperchem, el cual coincide con el calculado en Molden (Figura 5. b)) sin tomar en cuenta las interacciones de puentes de hidrógeno, sin embargo Hyperchem no nos muestra la intensidad de la frecuencia del modo normal de vibración, por lo que se sugiere que para este tipo de cálculos se use Molden u otro tipo de método, por ejemplo PM3 en Hyperchem. Si comparamos los dos espectros anteriores con el que si considera interacciones puentes de hidrógeno entre moléculas de agua (Figura 5. c)) observamos más picos y una variación en la intensidad de los mismos, debido a que el movimiento de una molécula afecta a la segunda, coincidiendo de mejor manera con el IR experimental.



a)

b)



c)

**Figura 5.** Espectros Infrarrojos teóricos obtenidos mediante: a) HyperChem (una molécula), b) Molden (una molécula) y c) Molden (dos moléculas interactuando mediante puente hidrógeno).

## Conclusiones

Los programas propuestos representan un complemento entre sí y con los experimentos, permitiendo al usuario hacer un análisis previo de la molécula de interés y así

analizar el método de detección ideal incluso trabajando a distancia

Utilizar un paquete de trabajo a distancia como los propuestos al principio de este trabajo permitió el uso de una sola licencia de software de paga para hacer todo tipo de cálculos, lo que fomenta la colaboración entre grupos de trabajo y permite dar seguimiento a las actividades académicas en el contexto de la situación sanitaria grave por la que estamos pasando. .

### **Agradecimientos**

Este trabajo se realizó en el laboratorio de Evolución Química perteneciente al departamento de Química de Radiaciones y Radioquímica del Instituto de Ciencias Nucleares, UNAM, con el apoyo del proyecto PAPIIT de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), UNAM IN205522.

## Referencias

D.A. Case, H.M. Aktulga, K. Belfon, I.Y. Ben-Shalom, J.T. Berryman, S.R. Brozell, D.S. Cerutti, T.E. Cheatham, III, G.A. Cisneros, V.W.D. Cruzeiro, T.A. Darden, R.E. Duke, G. Giambasu, M.K. Gilson, H. Gohlke, A.W. Goetz, R. Harris, S. Izadi, S.A. Izmailov.... K. Kasavajhala (2022), Amber 2022, University of California, San Francisco.

G.Schaftenaar and J.H. Noordik, (2000) Molden: a pre- and post-processing program for molecular and electronic structures, *J. Comput.-Aided Mol. Design*, 14, 123-134.

HyperChem (TM) Professional 8.0, Hypercube, Inc., 1115 NW 4th Street, Gainesville, Florida 32601, USA.

Whitten, Kenneth; Davis Raymond, E.; Stanley, George (2015). *Química. Cengage Learning*. 10 Edición.

Prades Escobar, E.; Casals Hung, M.; Hernández Molina, Y. (2017). Algunas propiedades moleculares de la 2-hidroxiimino-1-feniletanona tiosemicarbazona utilizando aproximaciones teóricas. *Revista Cubana de Química*. Vol. 29 Num. 3.

Rangel Vázquez, N. A.; Gregori Valdés, B.; Salgado Delgado, R.; García Hernández, E.; Rico González, B. (2010). Síntesis de poliuretanos para aplicaciones farmacéuticas: análisis experimental y computacional. *Revista Cubana de Química*, XXII(2),34-43.[fecha de Consulta 31 de Octubre de 2022]. ISSN: 0258-5995. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543721005>.

Gerasymchuk Y. S.; Chernii V. Ya.; Tomachynskii L. A.; Kowalska M.; Legendziewicz J.; Radzki St. (2010). Correlation between computer models of structure of 5-sulfosalicylato Zr(IV) phthalocyanine with results obtained by NMR, ESI-MS and UV-Vis spectra. *Optical Materials*, Volume 32, Issue 9, 1193-1201. ISSN 0925-3467, <https://doi.org/10.1016/j.optmat.2010.03.030>.

# NANOPARTÍCULAS DE ÓXIDO DE ZINC OBTENIDAS MEDIANTE SÍNTESIS VERDE Y EVALUACIÓN DE SU ACTIVIDAD BACTERICIDA

*Erick Domínguez López\**, Guadalupe Luna Cedillo, Josué Uriel Montaña Martínez,  
Víctor David Rosas Bravo, Octavio Maldonado Saavedra, Juan Manuel Padilla Flores

Ingeniería en Nanotecnología, Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz,  
[20193j101003@utcv.edu.mx](mailto:20193j101003@utcv.edu.mx), [20193j101019@utcv.edu.mx](mailto:20193j101019@utcv.edu.mx), [20193j101015@utcv.edu.mx](mailto:20193j101015@utcv.edu.mx),  
[20193j101022@utcv.edu.mx](mailto:20193j101022@utcv.edu.mx), [energias.nanotec@utcv.edu.mx](mailto:energias.nanotec@utcv.edu.mx), [juan.padilla@utcv.edu.mx](mailto:juan.padilla@utcv.edu.mx)

## Resumen

En México, existen plantas con distintos efectos que se han estudiado durante años. La Justicia spicigera, también conocida como muicle, contiene principios activos que le dan infinidad de propiedades curativas. El objetivo es evaluar la actividad bactericida del extracto de Justicia spicigera y de la síntesis verde de las nanopartículas de ZnO contra cepas E. coli. Se realizaron 4 extractos acuosos por maceración a concentraciones del 1, 2, 3 y 4 %. Se llevaron a cabo la síntesis verde con nitrato de zinc hexahidratado. Los extractos y síntesis verde obtenidos se llevaron a espectroscopia UV-Vis observando los compuestos orgánicos entre los 200 y 320 nm y las nanopartículas de ZnO entre 375 y 380 nm. Se realizaron pruebas *in vitro* del extracto y nanopartículas contra cepas E. coli, se observó que la síntesis con extracto al 4% muestra un halo de inhibición mínimo para el evitar el crecimiento de la bacteria.

**Palabras clave:** Justicia spicigera, Síntesis verde, Oxido de zinc, bacterias, nanopartículas, cultivos.

## Antecedentes

La *Justicia Spicigera* pertenece a la familia *Acanthaceae*, es una planta originaria de México, crece en climas cálidos, secos, templados y desde el nivel del mar hasta los 3000 m. La distribución de esta planta se extiende desde México hasta Colombia, los estados de la república mexicana que cuenta con la reproducción de esta planta son los siguientes: Chiapas, San Luis Potosí, Veracruz, Yucatán, Hidalgo, Michoacán, Quintana Roo y Guerrero (Ávila et al., 2017). La clasificación taxonómica de la *Justicia spicigera* (Fernández Pomares, 2015), se encuentra en la Tabla 1.

Reino: Plantae	Phylum: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida	Orden: Scrophulariales
Familia: Scarabaeoidea	Subfamilia: Acanthaceae
Tribu: Narcisseae	Género: <i>Justicia</i>
Especie: <i>spicigera</i>	

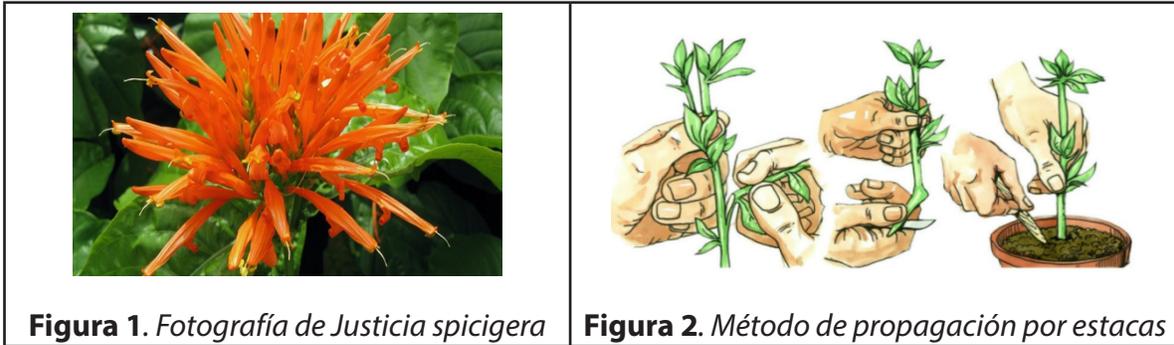
## Descripción botánica

Las flores se agrupan en el extremo de la unión del tallo y de la hoja. Tallo articulado. Las flores son pequeñas de color naranja o rojo, de forma larga “trompetas”. Los frutos son cápsulas (Navarrete et al., 2016).

Es un arbusto ramificado, que se caracteriza por su coloración verde oscuro (Navarrete et al., 2016). El tallo de la planta es medio cuadrangular, que llega a medir hasta 2 m de altura. Tiene hojas de lanceolado-oblongas a ovaladas u ovaladas-elípticas. Su base es atenuada y decurrente en el peciolo, además, tiene una inflorescencia panicular axilar que llega a medir aproximadamente 10 cm de longitud, se encuentra constituida por espigas secundifloras, sésiles o subsésiles. Cuenta con brácteas opuestas, triangulares verdosos, que miden aproximadamente entre 1 a 2 x 0.5 a 1.2 mm.

Esta planta, tiene flores con el cáliz de 2 a 4 mm de largo, con 5 segmentos lanceolados o triangular, una corona enteramente anaranjada o rojiza de entre 3 a 5 cm de longitud, con un tubo de entre 2 a 3 cm de largo, que se ensancha gradualmente y un limbo bilabiado, con el labio superior entero (Figura 1). Tiene 2 estambres, con filamentos glabros de entre 1 a 2 cm de longitud y antenas iguales o sub-iguales, subparalelas, sin

apéndices basales. Su estilo es de 2 a 5 cm de largo. El fruto se encuentra en cápsula, la cual tiene 4 semillas lenticulares de 3 mm de largo (Zurita, 2020).



**Figura 1.** Fotografía de *Justicia spicigera*

**Figura 2.** Método de propagación por estacas

### Condiciones de desarrollo

En el desarrollo de *Justicia spicigera* se debe considerar que esta planta debe contar con un suelo que contenga un alto índice de materia orgánica, con el objetivo que no le falte nutrientes para su desarrollo, de esta manera se evita obtener una defectuosa floración y una notoria escasez de hojas, para su producción es necesario establecerla en lugares que cuenten con un clima tropical. Esta planta no tolera exceso de agua que provoque encharcamiento, ya que es susceptible a la pudrición de sus raíces. Por otra parte, la planta necesita como mínimo 20 L de agua en temporada de sequía, es aconsejable tener el área del cultivo libre de maleza para evitar la competencia del agua y nutrientes.

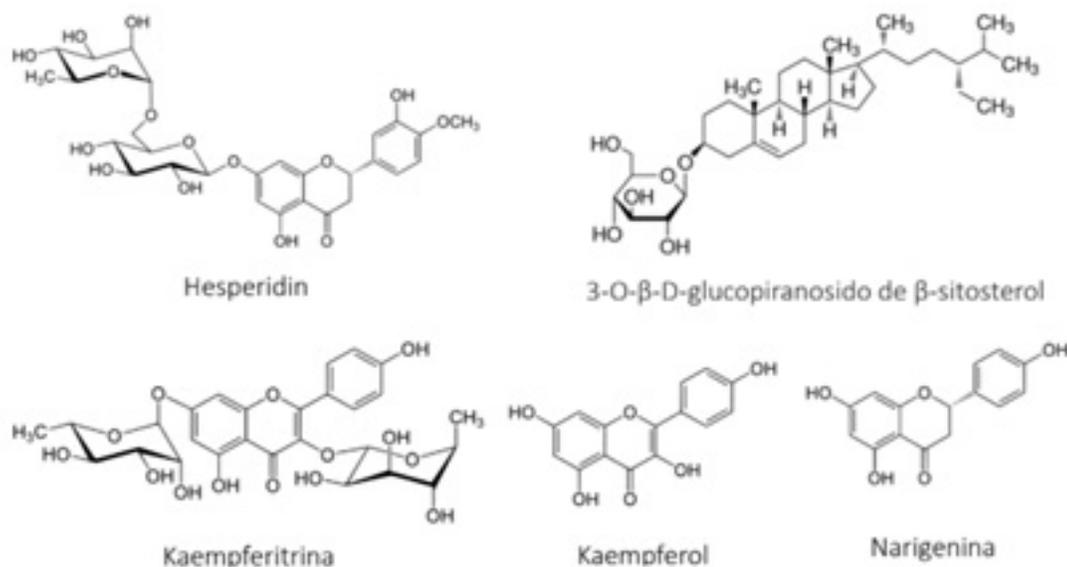
Se puede reproducir utilizando enraizamiento, ya que la propagación asexual es el método en la cual la reproducción de una planta es a partir de porciones vegetativas, debido que estas tienen la capacidad de regeneración, es decir, formar una nueva planta. Las porciones de tallo tienen la capacidad de generar un nuevo sistema radicular (Zurita, 2020).

La estaca es un método de propagación asexual (figura 2), que tiene como característica la reproducción de individuos iguales genotípicamente al progenitor; es posible por dos características de la célula vegetal, totipotencia y dediferenciación. El proceso de formación de raíces ocurre de forma interna, es decir, es un proceso endógeno, que ocurre generalmente a partir de la multiplicación de células del meristema secundario, el punto de origen de las raíces puede estar en una yema, en los nudos, en los entrenudos o extremidad basal de una estaca (zona de corte). El grupo de células que se

encuentran detrás de la zona de corte se dividen y forman una capa de parénquimas, posteriormente las células cercanas al cambium y las raíces nuevas, que se incluyen en la ruptura de tejidos de los tallos, originan la formación de conexiones vasculares (xilema y floema), obteniendo nuevo tejido (Pérez, 2017).

### Composición química

La *Justicia Spicigera* contiene principios activos que le dan infinidad de propiedades curativas, dichos activos se encuentran en las hojas (Ávila et al., 2017) tales como el  $\beta$ -sitosterol, 3 $\beta$ -glucosil-O-sitosterol, criptoxantina, alantoína, también cuenta con la presencia de algunos flavonoides, como kaempferitrina, kaempferol, hesperidin, naringenina y elenosido (Figura 3). Además, hay presencia del ácido treo- $\gamma$ -hidroxiglutámico, (Fernández, 2015).



**Figura 3.** Componentes aislados de la *Justicia spicigera*

También cuenta con una antocianina muy polar (criptoxantina I) que origina el comportamiento fluorescente de las infusiones obtenidas y la cual confirma la presencia de Kaempferitrina (Ávila et al., 2017). Se ha reportado que en las hojas de *Justicia spicigera*

ra se encuentran lignanos, los cuales tienen capacidad de captar radicales libres, como antiviral, antitumoral, hipoglucémica, antiobesidad y cardioprotectoras (Murillo, 2020).

### Propiedades fitoquímicas

En *Justicia spicigera* se encuentran diversas sustancias químicas como carbohidratos simples, mucílagos, pectinas, glucósidos, pigmentos, resina, aceites esenciales y minerales como es el caso del potasio, acetato, oxalato de calcio, sulfato y cloruro de sodio (Guerrero, 2014). Los compuestos fenólicos, procedentes del metabolismo secundario de la planta también se han encontrado en las hojas de la planta. La concentración de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidantes de la planta se encontraron en el extracto acuoso de la flor que tenía el mayor contenido fenólico total ( $5.01 \pm 0.02$  g equivalentes de ácido gálico /100 g de materia seca), que en hojas y tallos. También observaron un mayor contenido de flavonoides en el extracto de metanol de los tallos ( $1.30 \pm 0.07$  g de catequina /100 g de materia seca) y una mayor actividad antioxidante de los extractos metanólicos de las hojas -  $IC_{50} 48.86 \pm 1.25$   $\mu$ g de extracto/ mL (Sepúlveda, 2009).

Por otra parte, se ha estudiado el efecto del tipo disolvente y la temperatura de extracción sobre la actividad antioxidante y el contenido de fenoles totales en *Justicia spicigera*, como también sus pérdidas durante el almacenamiento a diferentes pH. Se identificó que los disolventes acuosos obtenidas a 25° y 60°C proporcionaron extractos con altas concentraciones de compuestos fenólicos (190-1019 mg ácido gálico / kg de *Justicia spicigera*), y una elevada capacidad antioxidante a 6.65 mM de Trolox (García., 2011). Se han analizado los extractos de *Justicia spicigera* con las técnicas de H-NMR y GC-S, como también la espectroscopia UV-Vis, encontrando la presencia de triramnósidos de kaempferol y kaempferitrina (Euler, 1982).

### Actividades biológicas

En la época colonial del siglo XVI, *Justicia spicigera* fue utilizada como antigonorrea, antipirético, antiséptico, antidiarreico, antiespasmódico, como también fue utilizada para controlar la metrorragia y la menopausia. En la actualidad, las infusiones de esta planta, permite aliviar dolores de cabeza, problemas de circulación sanguínea, anemia, controlar los niveles de tensión arterial, asimismo, puede tratar problemas cutáneos, respiratorios y gastrointestinales (Guerrero, 2014). Sin embargo, en la medicina tradicional de Guatemala, ha sido empleada para tratar infecciones como erisipela, leuco-

rrea y pielonefritis causada por bacterias y hongos (Ávila., 2017).

Estudios recientes han demostrado la capacidad antioxidante y la efectividad de los extractos obtenidos por las partes aéreas (hojas y tallo) de la *Justicia spicigera* contra algunas condiciones patológicas, una de ellas es la actividad fasciolicida, anti-giardiasis, inhibición moderada del edema de la pata inducido por carragenina y actividad anti-diabética. La *Justicia spicigera* se utiliza como desinfectante en padecimientos en la piel como es el caso de la sarna, sabañones (pequeñas erupciones que aparecen en las piernas y pies por estar en contacto con agua contaminada). Por otra parte, esta planta cuenta con actividad antibiótica contra *Escherichia coli*, *Pseudomona aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* y *Bacillus subtilis*, ya que reportes informan que la planta es un antifúngico, antibacteriano, antimicrobiano, antiescabiático (Ávila., 2015).

## Objetivo

Obtener nanopartículas de óxido de zinc mediante síntesis verde para la evaluación de su actividad bactericida.

## Parte experimental

Obtención del extracto de *Justicia spicigera*: Se lavaron las hojas y tallos de *Justicia spicigera* con abundante agua. Después, se dejaron secar a temperatura ambiente. Posteriormente, se prepararon 3 muestras con concentración de 4%, donde en cada muestra se prepararon extractos de hoja, tallo y hoja con tallo. Cada muestra se disolvió en 50 mL de agua desionizada a temperatura ambiente con agitación magnética a 1200 rpm durante 1 h 30 min. Finalmente, se filtraron y almacenaron en frascos, los cuales se colocaron en refrigeración hasta su uso.

Síntesis de NPs de ZnO: Se mezclaron 2 g de nitrato de zinc hexahidratado en 50 mL de extracto de *Justicia spicigera* con agitación magnética a 900 rpm durante 1 h 30 min. Posteriormente se almacenaron y se refrigeraron hasta su uso.

Preparación de medios de cultivo con Sangre Agar Base: Se añadieron 1.6 g de sangre de agar base, a 40 mL de agua desionizada. Posteriormente se dejó reposar de 10 a 15 min. Una vez en reposo, se calentó a una agitación constante hasta llegar al punto de ebullición durante 5 min para obtener una suspensión homogénea. Después, se esterilizó a 121 °C durante 30 min. Cuando se obtuvo la suspensión esterilizada se vertió

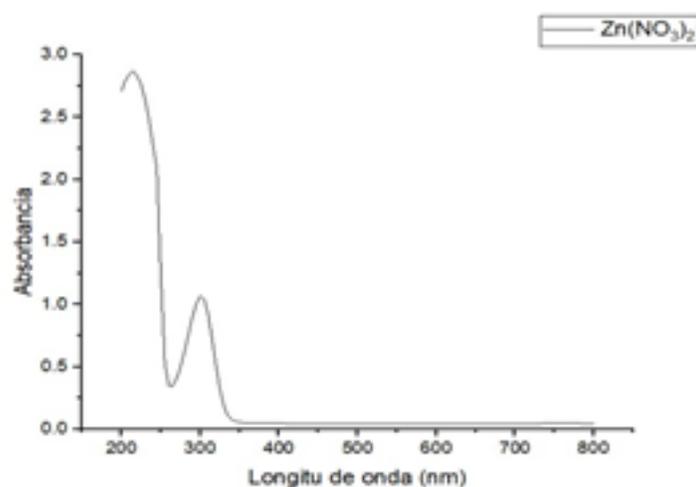
a las cajas Petri correspondientes. Posteriormente se realizó la incorporación de cepas bacterianas que en este caso fue la *E. coli* mediante la técnica de estría. Se dejaron reposar durante 3 días. Al solidificarse los medios, se añadieron 5  $\mu\text{m}$  de extracto y NPs de ZnO.

Preparación de medios de cultivo con MacConkey Agar: Se añadieron 2 g de MacConkey agar a 40 mL de agua desionizada. Posteriormente se dejó reposar durante 5 min. Una vez en reposo, se calentó a una agitación constante hasta llegar al punto de ebullición 3 min para obtener una suspensión homogénea. Después, se esterilizó a 121 ° C durante 30 min. Cuando se obtuvo la suspensión esterilizada se vertió a las cajas Petri correspondientes. Posteriormente se realizó la incorporación de cepas bacterianas de *E. coli* mediante la técnica de estría. Se dejaron reposar durante 3 días, al solidificarse los medios, se añadieron 5  $\mu\text{m}$  de extracto y NPs de ZnO.

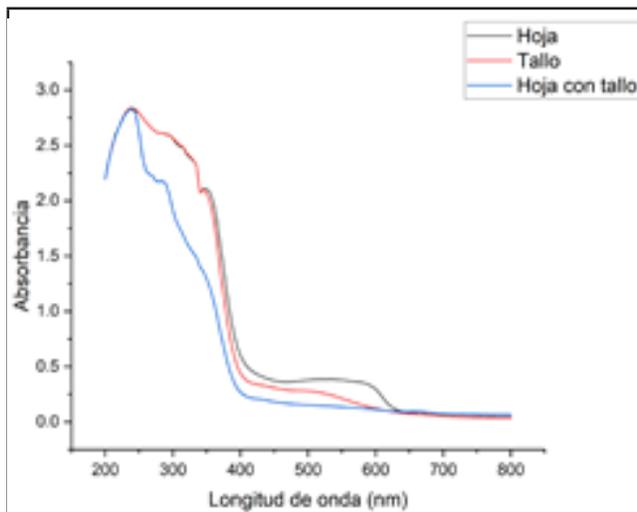
## Resultados y discusión

### *Nanopartículas de ZnO*

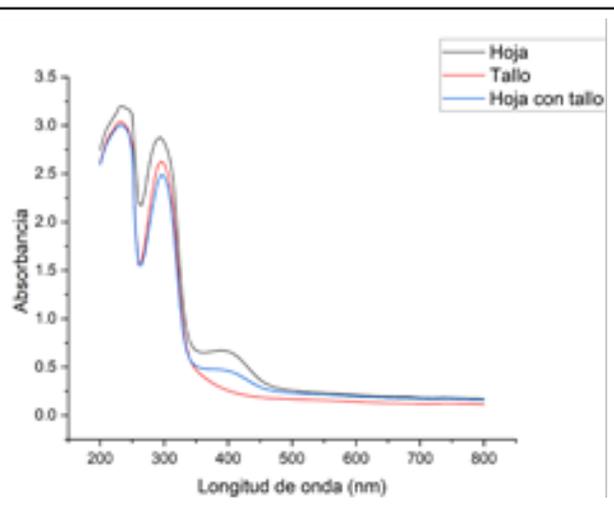
Para la identificación de las nanopartículas de ZnO se utilizó la espectroscopia ultravioleta-visible (UV-Vis) en la longitud de onda de 200 a 800 nm en un espectrofotómetro VELAB modelo VE-5600UV PC.



**Figura 1.** Espectro de absorción UV – Vis de la solución de nitrato de zinc hexahidratado



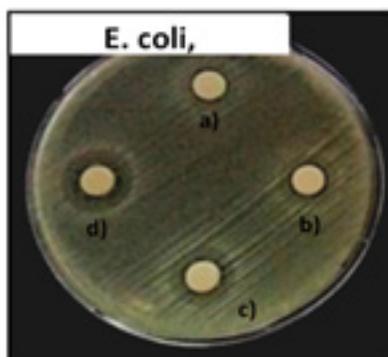
**Figura 2.** Espectros de absorción del extracto de *Justicia spicigera*



**Figura 3.** NPs de ZnO sintetizadas de extractos de: Hojas, Tallo y Hoja con tallo

Determinación antibacteriana

En la determinación antibacteriana se evaluó el efecto del extracto de *Justicia spicigera* y las nanopartículas de ZnO. Se observó que las NPs de ZnO presentaron una excelente sinergia con el extracto de *Justicia spicigera* debido a que en la zona que se incorporaron, no se desarrolló la bacteria de *E. coli*. En comparación con la actividad de antibacteriana del extracto, se observó que el halo de inhibición fue creciendo gradualmente, sin embargo, hubo desarrollo de la bacteria de *E. coli*.



**Figura 4.** Efecto bactericida contra *E. coli* (halos de inhibición) de *Justicia spicigera* NPs de ZnO. a) Control, b) 2 %, c) 3 % y d) 4%.

## Conclusiones

Se demostró que el extracto funciona como agente reductor en la síntesis verde de NPs de ZnO. Se determinó que la concentración mínima inhibitoria bacteriana para *E. coli* del extracto acuoso de *Justicia spicigera* fue al 4 %. Se observó que el efecto bactericida fue mayor cuando se incluían los extractos con NPs de ZnO.

## Referencias

- Ávila, C. M. G. y Ávila, C. L. P. (2017). Extracción e identificación de metabolitos secundarios presentes en el muicle (*Justicia spicigera*). *Tlamati Sabiduría*, 8(2), <http://tlamati.uagro.mx/t82e/66>
- Euler, K. y Alam, M. (1982). Insolation of Kaempferitrin from *Justicia spicigera*. *Journal Natural Products*, 45, 220-222. <https://doi.org/10.1021/np50020a020>
- Fernández Pomares, C. (2015). Efecto de los extractos etanólico/acuosos de *Moussonia deppeana* y *Justicia spicigera* sobre la proliferación y la viabilidad de la línea celular de carcinoma prostático LNCaP. [Tesis doctoral]. <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/42522/FernandezPomaresCynthia1d2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García, E., Guerrero, A., Pérez, C., Cruz, F., Jiménez, R. y Vernor, E. (2011). Effect of solvent-temperature extraction conditions on the initial antioxidant activity and total phenolic content of multiple extracts and their decay upon storage at different pH. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 11(1), 1-10. <http://rmiq.org/ojs311/index.php/rmiq/article/view/1488>
- Guerrero, J. y Baqueiro, I. (2014). Uses of *Justicia spicigera* in medicine and as source of pigments. *Functional Foods in Health and Disease*, 4 (9), 401-414. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v4i9.150>
- Murillo Villicaña, M. (2020). Efecto del extracto de acetato de etilo de *Justicia spicigera* y la biotina en hígado de ratas diabéticas. [Tesis de grado, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo]. <http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/bitstream/handle>
- Navarrete, T., Delgado, S., Padilla, N., Sumaya, M., Calixto, G., Roble, A. y García, M. (2016). Propiedades hipoglucemiantes de la especie *Justicia spicigera* Schlechtendal (Scrophulariales: Acanthaceae). *Métodos en Ecología y Sistemática*, 11 (1), 24-33. <https://doi.org/10.1659-3049.schetendal>
- Sepúlveda, J., Reyna, C., Chaires, L., Bermúdez, K. y Rodríguez, M. (2009). Antioxidant activity and content of phenolic compounds and flavonoids from *Justicia spicigera*. *Journal Biological Science*, 9 (6), 629 -632. <https://doi.org/10.3923/jbs.2009.629.632>
- Zurita Pullugando, S. F. (2020). Propagación vegetativa de *Justicia spicigera* mediante estacas embebidas en sustancias enraizantes en el Cantón Mejía. [Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6920/1/UT>

# DETERMINACIÓN DE SILICIO EN HULE POR ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN MOLECULAR EN EL VISIBLE

*Alonso Méndez Victor, Pablo Hernández Matamoros, Alma Revilla Vazquez*

*Química Analítica L401, FES-Cuautitlán, UNAM.*

[vikatoffc@gmail.com](mailto:vikatoffc@gmail.com), [pablohdez@unam.mx](mailto:pablohdez@unam.mx), [almarv@unam.mx](mailto:almarv@unam.mx)

## Resumen

Es bien sabido que existen diversos métodos analíticos para la identificación o cuantificación de compuestos químicos de interés, sin embargo, un factor decisivo para la elección de éste siempre ha sido su precisión y costo de operación, así como su disponibilidad. Para la determinación de silicio la primera opción podría pensarse en la espectrofotometría de absorción atómica, pero otra opción más económica y simple es la espectrofotometría molecular en el intervalo visible, equipo más accesible en cualquier laboratorio. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos para la determinación de silicio en un hule mediante la formación de un complejo colorido con molibdato.

**Palabras clave:** Espectroscopia de absorción molecular (EAM), silicio, molibdato.

---

## Antecedentes

La cuantificación de iones metálicos por espectrofotometría de absorción molecular (EAM) en el intervalo visible es viable cuando se forma un complejo colorido con un ligante que funciona como reactivo cromogénico. La determinación por espectrofotometría de absorción molecular (EAM) en el intervalo visible es más factible y económica que la espectroscopia de absorción atómica debido a que ocupa un equipo menos costoso, no requiere una instalación especial ni consumibles.

La determinación de fósforo, arsénico, silicio y germanio son ejemplos del uso del azul de heteropoli-molibdeno en química analítica. Así, una muestra que contiene fosfato se mezcla con una disolución ácida de MoVI, (molibdato de amonio), para producir  $\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}^{3-}$ , que tiene una estructura  $\alpha$ -Keggin. Este anión luego se reduce, con ácido ascórbico, para formar el ion  $\beta$ -keggin  $\text{PMo}_{12}\text{O}_{40}^{7-}$  de color azul. La intensidad del color es proporcional a la cantidad de fosfato, silicio, arsénico o germanio presente.

## Objetivo

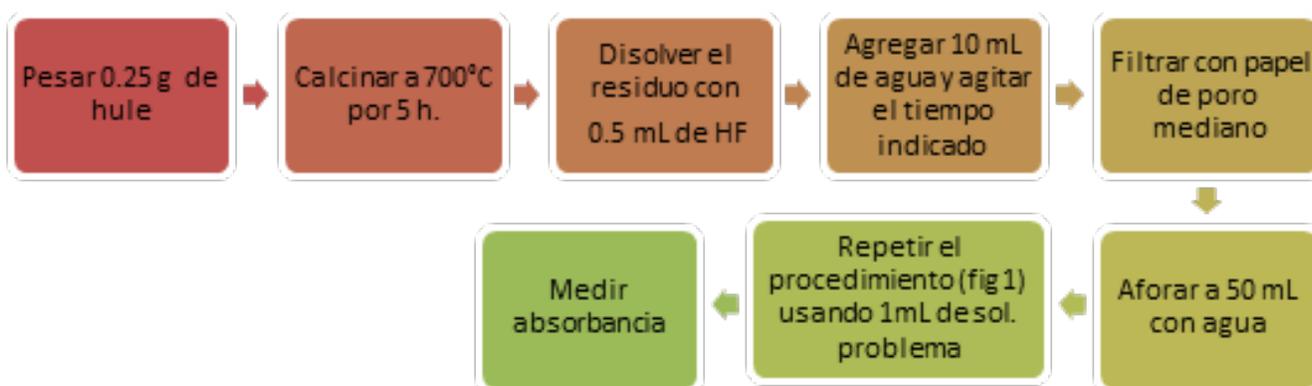
Determinar el contenido de silicio en el hule por espectrofotometría de absorción molecular en el intervalo visible mediante curva de calibración y la formación de un complejo colorido con molibdato.

## Parte experimental

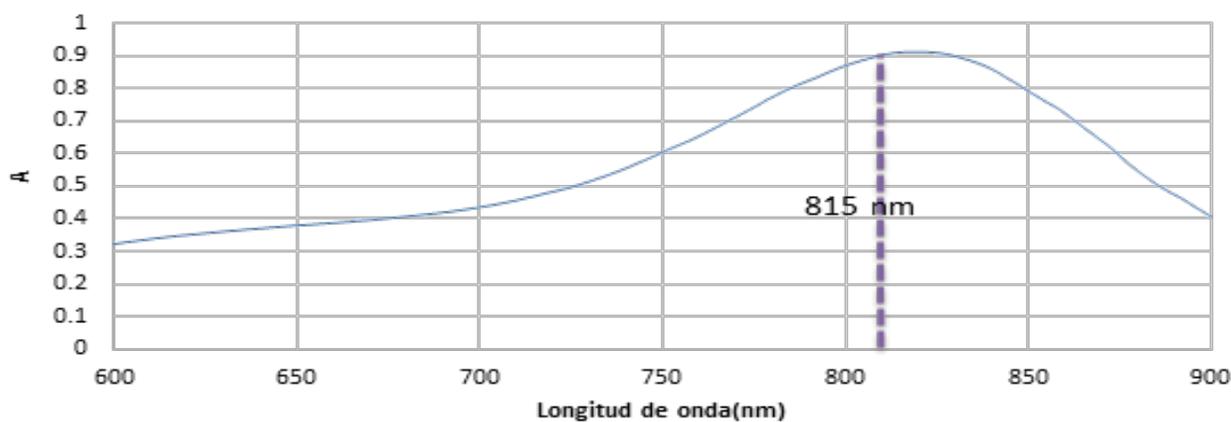
Soluciones preparadas	Equipo	
Estándar de silicio a 1000ppm en 1% HF	Espectrofotómetro de absorción molecular (Genesys 20) con celdas de vidrio	
Ácido bórico disolución saturada		
Molibdato de amonio al 10%		Balanza analítica, marca Boeco.
Ácido tartárico al 20%		
Disolución reductora de Fe(II) al 2%		
Estándar de silicio 12 ppm (preparada a partir de una de 1000 ppm)		



**Figura 1.** Preparación de los sistemas de la curva calibración.



**Figura 2.** Preparación de la muestra.



**Figura 3.** Espectro de absorción del complejo

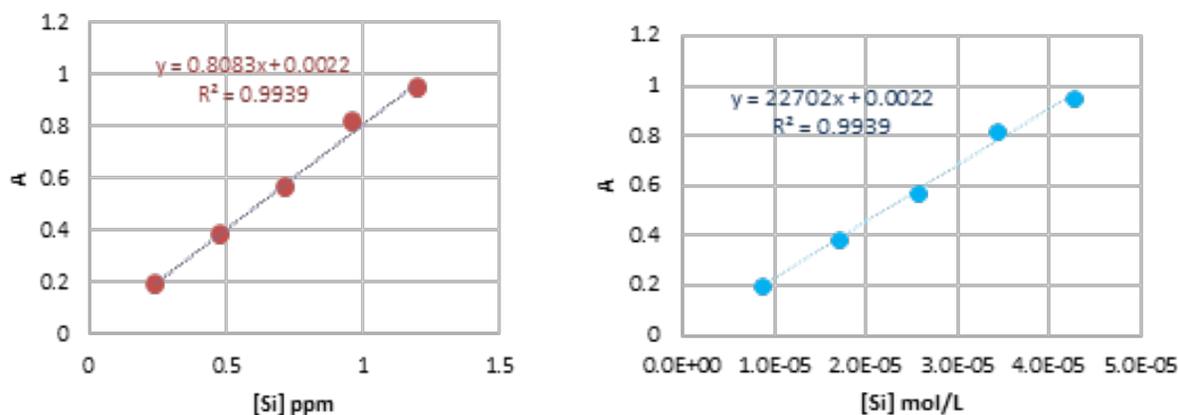
Se observa en el espectro de absorción del complejo (Figura 3) que la longitud de onda máxima se presenta a 815 nm y será la que se emplee.

## Resultados y discusión

Una vez preparados los sistemas de la curva de calibración, se procede a medir la absorbancia en el espectrofotómetro de absorción molecular con celdas de vidrio a una longitud de 815 nm (Tabla 1).

**Tabla 1.** Resultados para la curva de calibración

Sistema	Disolución estándar Si (mL)	Aforo (mL)	Concentración Si (ppm)	Concentración Si (mol/L)	Absorbancia
1	1	50	0.24	8.54e-6	0.198
2	2	50	0.48	1.71e-5	0.386
3	3	50	0.72	2.56e-5	0.567
4	4	50	0.96	3.42e-5	0.818
5	5	50	1.20	4.27e-5	0.952



**Figura 4.** Curva de calibración para Silicio

Como se observa en la figura 4, se obtiene un comportamiento lineal de los datos, ya sea que se grafique la concentración de silicio en ppm o en concentración molar. Cabe mencionar que en la segunda gráfica (derecha), el valor de la pendiente corresponde al

coeficiente de absorptividad molar experimental del complejo a 815nm.

Una vez comprobada la linealidad de la curva de calibración, se procedió a medir la absorbancia de la muestra, preparada por triplicado, obteniéndose los resultados de la tabla 2.

**Tabla 2.** Resultados de la muestra analizada (n=3)

Sistema	Muestra (g)	Agitación (min)	A	[Si] ppm	g Si / 100 g hule
M1	0.258	15	0.734	0.90	0.872
M2	0.253	20	0.721	0.89	0.878
M3	0.246	30	0.904	1.11	1.134
			<b>Promedio</b>	<b>0.966</b>	<b>0.9613</b>

Se calcula la concentración en ppm de silicio en la disolución problema y después se procede a realizar el cálculo de la concentración de silicio en porcentaje en masa de silicio por 100g de nuestra (Tabla 2). El resultado obtenido es superior a lo indicado por el proveedor del material.

## Conclusiones

Se determinó el contenido de silicio en una muestra de hule por espectrofotometría de absorción molecular en el intervalo visible mediante curva de calibración y la formación del complejo colorido con molibdato que presentó una longitud de onda máxima a 815nm y un coeficiente de absorptividad molar de  $22,702 \text{ cm}^{-1}\text{M}^{-1}$ .

La curva de calibración presentó una tendencia lineal en el intervalo de concentraciones elegido y una ordenada al origen que incluye el cero.

El contenido de silicio en la muestra fue del 0.96%.

## Agradecimientos

A la UNAM DGAPA por el apoyo al proyecto PAPIME PE208921: Fortalecimiento de la enseñanza de la Química Analítica Instrumental en la FES-Cuautitlán, mediante actividades/evaluaciones sincrónicas y asincrónicas, así como metodologías de aprendizaje activo basadas en proyectos aplicados a problemas reales.

A la FESC UNAM por el apoyo a la cátedra CI2244 Implementación de Métodos de Separación y/o espectroscópicos para la Cuantificación de Analitos en muestras de interés.

## Referencias

- Aráneo, A. (1981), *Química Analítica Cualitativa*, McGraw-Hillary, Bogota, Colombia.
- Burriel, F., Lucense, F., Arribas, S., y Hernandez, J., (2008), *Química Analítica Cualitativa*, Paraninfo S. A., 18 Ed., Madrid, España.
- Feigl, F., (1980), *Pruebas a la Gota en Análisis Inorgánico*, El Manual Moderno S. A., México, D. F.
- Carlson, A. B., y Banks, C. V. , (1952), *Spectrophotometric Determination of Silicon In the Presence of Zirconium, Beryllium, Aluminum, and Calcium*, American Chemical Society, Volumen (24), 472-477, <https://doi.org/10.1021/ac60063a010>.
- Trudell, L., y Boltz, D. F., (1963), *Indirect Ultraviolet Spectrophotometric Determination of Silicon*, American Chemical Society, Vol (35), 2122–2124, <https://doi.org/10.1021/ac60206a041>.

The background features a repeating pattern of stylized pencils and books. The pencils are depicted with vertical lines and a pointed tip, while the books are shown as simple rectangular shapes with a spine. These elements are rendered in a light gray color and are scattered across the page, creating a subtle, educational theme. A solid blue vertical bar is positioned on the left side, and a blue triangular shape is located in the bottom right corner.

# **CIENCIAS DE EDUCACIÓN, SOCIALES Y HUMANIDADES**

# EMOCIONES Y SALUD DURANTE LA COVID-19: ¿QUÉ NOS DICEN LOS DOCENTES DEL COLEGIO DE BIBLIOTECOLOGÍA Y ARCHIVOLOGÍA DE LA UNAM?

*Angélica María Rosas Gutiérrez<sup>1</sup>, Angélica Guevara Villanueva<sup>2\*</sup>*

<sup>1</sup>Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, [aroga@facmed.unam.mx](mailto:aroga@facmed.unam.mx)

<sup>2</sup>Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, [angelicaguevara@filos.unam.mx](mailto:angelicaguevara@filos.unam.mx)

## Resumen

La investigación muestra los resultados obtenidos a través de la aplicación de un cuestionario creado en Google Forms a los docentes de asignatura y tiempo completo de la educación presencial del Colegio de Bibliotecología y Archivología de la UNAM, con la finalidad de identificar en qué porcentaje éstos presentaron problemas de salud y si el realizar actividades adicionales a la docencia en el CByA marcó diferencias en los problemas externados, así como las acciones que esta comunidad de docentes llevó a cabo para contrarrestarlos. Se identificó que aun cuando un alto porcentaje de docentes desarrolló otras actividades profesionales e impartió docencia en otras instituciones, una minoría de ellos manifestó problemas de salud derivados por sus emociones, con una mayor ocurrencia en el insomnio, dolores musculares y de cabeza, tomando como principal medida, la realización del ejercicio.

**Palabras clave:** COVID-19, profesores universitarios, bibliotecología, archivología, emociones, salud, UNAM

## Introducción

Las actividades remotas o de teletrabajo producto de la pandemia exigieron de los docentes de la educación presencial la implementación de varios cambios que tuvieron que ver no solo con las estrategias de enseñanza-aprendizaje, sino con la adaptación a un nuevo contexto que implicó diversos desafíos que repercutieron de acuerdo con algunos autores en la vida cotidiana y en su estado de salud. Una evidencia, es el estudio realizado por Cervantes (2021), que muestra con base en una recopilación bibliográfica de 26 artículos que la COVID-19 afectó a esta comunidad de múltiples formas, en especial su salud física, mental y social. En cuanto a su salud física, se enfrentaron a posturas prolongadas frente a la computadora sin espacios físicos de trabajo adecuados, que incrementaron la fatiga ocular y la prevalencia, intensidad y frecuencia de los problemas musculoesqueléticos en forma de dolor en cuello, espalda, zona lumbar y articulaciones de la cadera (Aperribai et al., 2020; Kayabınar et al., 2020 citado por Cervantes 2021). Asimismo, sus emociones fueron afectadas ante:

[...] la profunda incertidumbre, consecuencia de no saber cómo [avanzaría] la pandemia ..., de no saber si [de manera personal] o nuestros seres queridos [fueran] víctimas de la infección y sus complicaciones, de la ausencia de una vacuna y tratamiento específico, y de la falta de certeza de cuándo [regresaríamos] a nuestras actividades cotidianas. (Sánchez et al., 2020, p. 3 citado por Cervantes, 2021. p. 123).

En relación con su salud mental cabe indicar que hubo niveles altos de estrés, angustia y ansiedad, depresión, tristeza, cansancio, reducción de la concentración, falta de motivación, alteraciones o trastornos del sueño, ataques de pánico, miedo a enfermarse, perder el trabajo y preocupaciones relacionadas con los deberes profesionales. (Aperribai et al., 2020; Casimiro et al., 2020; Dayal y Tiko, 2020; Kayabınar et al., 2020; Meo y Dabenigno, 2021; Ozamiz-Etxebarria et al., 2021a; Ozamiz-Etxebarria et al., 2021b; Prada et al., 2021; Robinet-Serrano y Pérez-Azahuanche, 2020; Stachteas y Stachteas, 2020; Trinidad, 2021 citado por Cervantes, 2021). Asimismo, Cervantes (2022) afirma que existieron factores externos que modificaron desde un punto social, como el aumento de la mortalidad, problemas económicos, imposición de la modalidad virtual,

sobrecarga laboral, ampliación de la jornada, falta de contacto personal, contextos de fuerte desigualdad y precarias condiciones materiales de trabajo.

Por otra parte, el trabajo de Morales (2022) concluye a través de la selección y análisis de diez publicaciones que los estilos de vida de los docentes fueron transformados con efectos nocivos, ya sea por el confinamiento social o por trastornos padecidos. De ahí, que este autor haya identificado efectos como la pérdida de interés, dudas al tomar decisiones, sensación de agotamiento físico, irritabilidad, depresión (Gamboa et al. 2020 citado por Morales, 2022), estrés, ansiedad y angustia, sumados a dolores del cuerpo. (González et al., 2021 citado por Morales, 2022). Pese a esto, también encontró que hubo profesores que mejoraron su alimentación, realizaron actividades físicas, lograron conciliar el sueño y mejoraron su espiritualidad con técnicas de relajación. (Román et al., 2020 citado por Morales, 2022).

Otra investigación realizada por Ribeiro, Scorsolini y Dalri (2020) revela que el escenario de la educación a distancia que se vivió durante la pandemia desencadenó la afectación de la salud mental de algunos docentes derivado tanto de las experiencias de aislamiento y distancia social como de la sobrecarga de trabajo devenida de la necesidad de mantener las actividades laborales en el régimen de teletrabajo. Por lo que sugieren los autores desarrollar estrategias de apoyo psicológico a nivel individual e institucional con el objetivo de cuidar la salud mental de los profesionales, ya que su exposición a riesgos laborales ya era significativa antes de la pandemia, por lo que pudo ante el escenario vivido, operar como desencadenante y generar la afectación de su salud mental.

Desde esta exposición referida líneas arriba, surgió el interés por conocer qué sucedió con el profesorado adscrito al Colegio de Bibliotecología y Archivología de la UNAM partiendo de las siguientes interrogantes: ¿Los profesores del Colegio desempeñaron otro trabajo profesional no docente a partir de la pandemia?; ¿Desde que las clases iniciaron a distancia, estos docentes impartieron docencia en otra institución educativa?; ¿Las emociones que experimentaron estos docentes durante la impartición de sus clases a distancia repercutieron en su salud?; ¿Qué problemas de salud experimentaron?; ¿Tuvieron la necesidad de solicitar algún tipo de apoyo?; ¿Qué medidas aplicaron para mejorar su estado de salud?.

## Objetivo

Identificar en qué porcentaje los profesores universitarios del Colegio de Bibliotecología y Archivología de la UNAM presentaron problemas de salud para determinar si el realizar actividades adicionales a la docencia implicó diferencias en los problemas de salud externados, así como las acciones que esta comunidad de docentes llevó a cabo para contrarrestar los problemas manifestados.

## Metodología

La investigación se desarrolló mediante el empleo un método descriptivo-cuatitativo que implicó la aplicación de una encuesta a través de la elaboración de un cuestionario mixto que fue diseñado mediante el formulario de Google Forms y entregado por parte de la Coordinación del Colegio de Bibliotecología y Archivología mediante la plataforma de Classroom a los 115 profesores adscritos de asignatura y de tiempo completo. Su tiempo de aplicación comprendió del 13 de diciembre del 2021 al 10 de enero del presente año.

La muestra estuvo conformada por aquellos docentes que decidieron colaborar en el estudio, es decir, por 70 profesores que representó en términos estadísticos el 60.86% de la planta docente. Es importante mencionar que este trabajo muestra solo los resultados de una investigación más amplia que estudió el espacio físico, equipo tecnológico, conexión a Internet, interacción con los estudiantes y las emociones durante y pospandemia de los docentes.

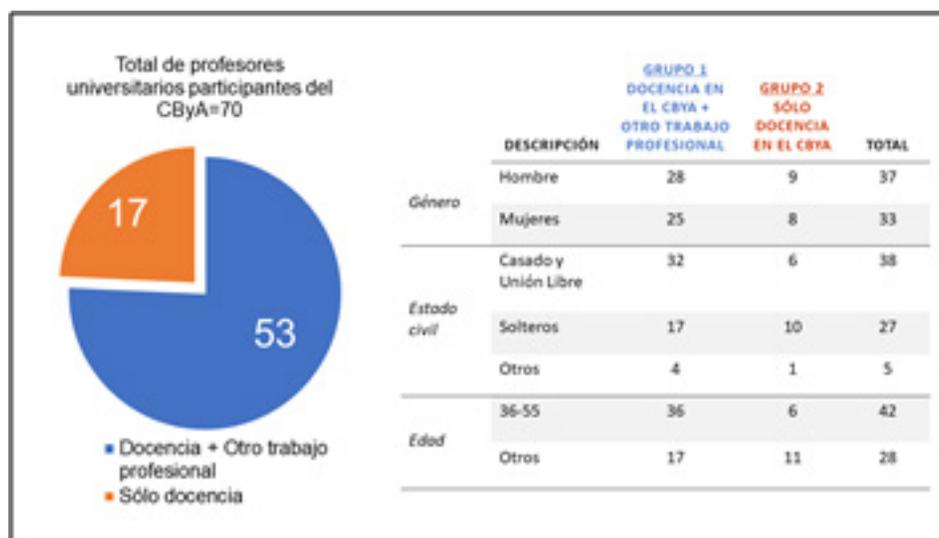
## Resultados y Discusión

### 1. Los docentes del Colegio de Bibliotecología y Archivología de la UNAM (CByA)

La intención de este apartado es presentar una descripción general de los profesores universitarios del Colegio de Bibliotecología y Archivología de la UNAM (en lo sucesivo CByA) para determinar si las características identificadas fueron un factor condicionante que se sumó a las emociones y a la salud de los participantes durante la pandemia.

## 1.1 Perfil de la comunidad docente participante en la investigación

De los 70 docentes que dieron respuesta al cuestionario, se identificaron dos grupos (Figura 1). El primero conformado por un alto número que mencionó desempeñar además de la docencia en el CByA otro trabajo profesional (75.72%) y el segundo corresponde a un número menor de quienes se desempeñaron **sólo en la docencia** (24.28%).



**Figura 1. Perfil general de los profesores del CByA de la UNAM participantes en la encuesta**

*Nota: Elaboración propia con base en los datos obtenidos de la encuesta*

El alto porcentaje de docentes que desarrollaron otro trabajo no debe considerarse como una característica distintiva propia del Colegio, pues es posible que, en la Facultad de Filosofía y Letras, y en la UNAM esta sea una peculiaridad frecuente.

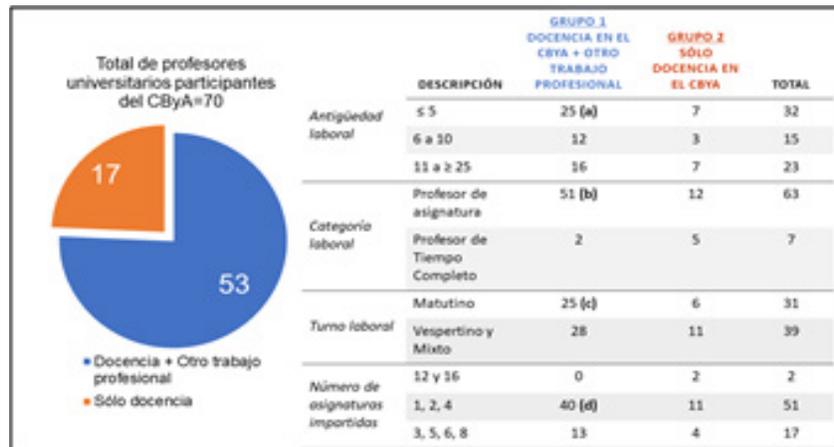
En cuanto al género, en ambos grupos, no se detectó gran diferencia en el número de hombres y mujeres que impartieron docencia. Esto podría evidenciar la búsqueda de equilibrio entre la participación de ambos géneros como parte de la planta docente, pero también, refleja el incremento de los varones por su interés en la enseñanza en esta disciplina, donde particularmente destacaba mayoritariamente la presencia femenina.

En lo que respecta al estado civil, en el grupo 1, la mayor parte tuvo una relación de pareja, ya sea porque están casados o en unión libre (45%), mientras que en el grupo 2, la mayoría son solteros (14.28%). En relación con la edad, en el grupo 1, está la mayor parte de docentes cuya edad se encuentra en el rango de los 36 a los 55 años (51.43%).

## 1.2 Perfil laboral de la comunidad docente participante en la investigación

La comunidad del CByA que participó en la investigación, se distinguió por: **a)** el 35.71% tuvo una antigüedad menor o igual a 5 años, **b)** el 72.85% fue profesor universitario de asignatura, **c)** el 35.71% laboró en el turno matutino, y **d)** el 28.17% impartió entre una, dos y cuatro asignaturas (Figura 2).

Los datos duros de los incisos (a), (b) y (c), podrían inferir que estos porcentajes se deben precisamente a que más del 50% de los profesores desempeñaron otras actividades profesionales adicionales a la docencia, lo que también explicaría porque el alto número (inciso d) no impartió más de cuatro asignaturas, y que sean los de tiempo completo quienes atendieron 12 y 16 asignaturas.



**Figura 2. Características laborales de los docentes del CByA de la UNAM**

*Nota: Elaboración propia con base en los datos obtenidos de la encuesta*

## 1.3 Participación de los docentes del CByA en otras actividades adicionales

Los profesores universitarios del CByA también tuvieron la oportunidad de impartir docencia en otras instituciones (Tabla 1). Se observó que el 24.28% desempeño otro trabajo profesional y además impartió docencia en otras instituciones. Mientras que sólo el 15.71% se dedicó solo a las actividades de enseñanza-aprendizaje en el Colegio. A partir de los datos expuestos, se podría deducir que los docentes con actividades adicionales a sus responsabilidades exclusivas de docencia en el Colegio pudieron haber sido más afectados en sus emociones y en su salud.

**Tabla 1. Impartición de docencia en otras instituciones distintas al CByA-UNAM**

Docencia en otra institución	Docencia + otro trabajo profesional		Total
	<b>Grupo 1: SI</b>	<b>Grupo 2: NO</b>	
<b>SI</b>	11	6	17
<b>No</b>	42	11	53
<b>Total</b>	53	17	70

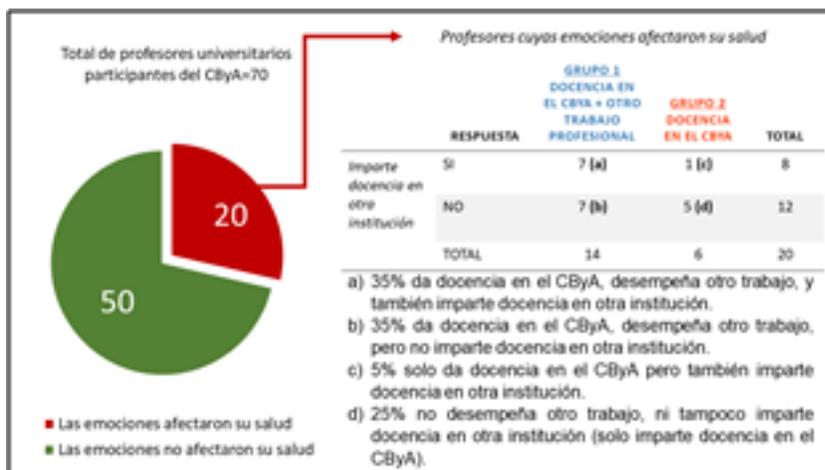
**Nota:** *Elaboración propia con base en los datos obtenidos de la encuesta*

## 2. Repercusión de las emociones en la salud del docente

De acuerdo con las características expuestas, en los siguientes apartados se determinó si de alguna forma el impartir docencia en otras instituciones y desempeñar otras actividades docentes marco diferencias en la salud derivada por sus emociones.

### 2.1 Los docentes del CByA cuyas emociones afectaron su salud

De los 70 encuestados, el 71.43% afirmó que sus emociones no repercutieron en su salud, mientras que el 28.57% confirmó lo contrario (Figura 3). En este sentido, resulta positivo para el Colegio que un gran porcentaje de su profesorado afirmará no tener repercusiones en su salud al impartir clases a distancia en respuesta a las circunstancias sanitarias nacionales para evitar los contagios de la COVID-19. No obstante lo anterior, es relevante prestar atención a aquellos docentes cuya salud se vio afectada, motivo por el cual en los siguientes párrafos se hará referencia a esta minoría.



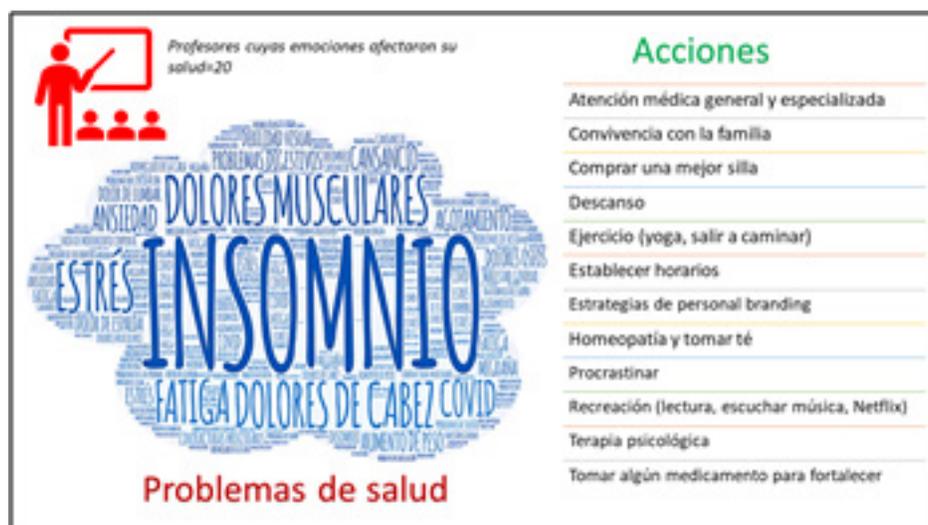
**Figura 3. Proporción de los profesores universitarios cuyas emociones afectaron su salud**

*Nota: Elaboración propia con base en los datos obtenidos de la encuesta*

De los 20 profesores (figura 3), los datos duros de los incisos (a), (b) y (c) mostraron que un total de 15 profesores tienen cargas laborales adicionales al trabajo docente exclusivo del Colegio, por lo que se puede suponer que sus emociones pudieron afectar con mayor razón su salud.

## 2.2 Problemas de salud experimentados por los docentes y medidas aplicadas

En esta sección confirmamos que los 20 profesores, independientemente de que sólo impartieron docencia en el Colegio o desempeñaron actividades adicionales en éste, los problemas externados en su salud coincidieron (Figura 4), y sólo el 6% enfatizó no requerir apoyo. En la figura 4 observamos que los problemas mencionados hacen mayor alusión al insomnio (también referido como trastornos del sueño), dolores musculares, dolor de cabeza, fatiga y estrés. En cuanto a las acciones tomadas por los profesores de la figura, la mayor recurrencia fue el hacer ejercicio, el descanso y la atención médica, ya sea general o especializada.



**Figura 4. Problemas de salud y medidas realizadas por los docentes del CByA de la UNAM**

*Nota: Elaboración propia con base en los datos obtenidos de la encuesta*

La siguiente respuesta proporcionada por un docente resume las acciones tomadas en las que pudieron coincidir varios profesores:

Hice ejercicio, establecí horarios fijos de descanso y un día de descanso para mirar historias (películas y documentales) que no tuvieran que ver con mis actividades académicas para descansar de redes sociodigitales y dediqué tiempo a la lectura en libros impresos, dejé de usar el teléfono celular. También apliqué estrategias de Personal Branding (PB) para cerrar brechas de marca personal que -por supuesto- se fueron abriendo en mi personalidad, dichas estrategias me permitieron cerrar esas brechas y mirar desde una perspectiva de empatía y comprensión, la diversidad de situaciones por la que todos pasamos. Durante 2020 y 2021, mis grandes aliados han sido estas estrategias de PB.

## Conclusiones

A través de los resultados expuestos, se determinó que, durante la pandemia un alto porcentaje de la comunidad de docentes de la educación presencial del CByA participante en esta investigación realizó otras actividades profesionales e impartió docencia en otras instituciones educativas, pese a ello, un porcentaje menor manifestó que du-

rante la impartición de sus clases a distancia tuviera problemas de salud derivados por sus emociones, así como tampoco hubo diferencia en cuanto al género y los problemas de salud identificados.

Los principales problemas de salud que se mencionaron fueron el insomnio, dolores musculares y dolores de cabeza, lo que coincide con algunas de las aseveraciones de la literatura citada en este trabajo. En cuanto a la necesidad de solicitar un tipo de apoyo, la minoría afirmó no requerirlo.

Dentro de las medidas implementadas por los docentes para mejorar su salud, se encontraron las siguientes acciones: realizar ejercicio, establecer horarios de descanso y realización de otras actividades (lectura, convivencia con la familia, escuchar música, entre otros), y acudir al médico general o especialista.

## Referencias

- Aperribai, L.; Cortabarría, L.; Aguirre, T.; Verche, E.; Borges, Á. (2020). Teacher's physical activity and mental health during lockdown due to the COVID-2019 pandemic. *Frontiers in Psychology* 11, 1-14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.577886>
- Casimiro, W. H.; Casimiro, C. N.; Barbachán, E. A.; Casimiro, J. F. (2020). Stress, anguish, anxiety and resilience of university teachers in the face of COVID-19. *Utopía y Praxis Latinoamericana* 25, 1, 453-464. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4009790>
- Cevantes, H. E. (2021). Implicaciones de la pandemia por COVID-19 en la salud docente. Revisión sistemática. *Revista Temas Sociológicos* 28, 113-142. doi: 10.29344/07196458.28.279
- Dayal, H. C.; Tiko, L. (2020). When are we going to have the real school? A case study of early childhood education and care teachers' experiences surrounding education during the COVID-19 pandemic. *Australasian Journal of Early Childhood* 45, 4, 336-347. <https://doi.org/10.1177/1836939120966085>
- Gamboa, S. A. A.; Hernández, S. C. A.; Prada Núñez, R. (2020). Efectos depresivos del aislamiento preventivo obligatorio asociados a la pandemia del Covid-19 en docentes y estudiantes de una universidad pública en Colombia. *Psicogente* 24, 45, 1-20. <https://doi.org/10.17081/psico.24.45.4156>
- González, R. R. A.; Gastélum, C. G.; Velducea, V. W.; González Bustos, J. B.; Domínguez, E. S. (2021). Análisis de la experiencia docente en clases de Educación Física durante el confinamiento por covid-19 en México. *Retos*, 42. <https://doi.org/10.47197/retos.v42i0.86242>
- Kayabınar, E.; Kayabınar, B.; Önal, B.; Zengin, H. Y.; Köse, N. (2020). The musculoskeletal problems and psychosocial status of teachers giving online education during the COVID-19 pandemic and preventive telerehabilitation for musculoskeletal problems. *Work* 68, 1, 33-43. <https://doi.org/10.3233/WOR-203357>
- Meo, A. I. y Dabenigno, V. (2021). Teletrabajo docente durante el confinamiento por COVID-19 en Argentina. Condiciones materiales y perspectivas sobre la carga de trabajo, la responsabilidad social y la toma de decisiones. *RASE. Revista de Sociología de la Educación* 14,1, 103-127. <https://doi.org/10.7203/RASE.14.1.18221>
- Morales, S. R. (2022). Impacto de la covid-19 en los estilos de vida de docentes latinoamericanos. *Educación y Educadores* 25, 1, e2515. doi: <https://doi.org/10.5294/edu.2022.25.1.5>
- Ozamiz, E. N.; Berasategi, N.; Idoiaga, N.; Dosil, M. (2021a). The psychological state of teachers during the COVID-19 crisis: The challenge of returning to face-to-face teaching. *Frontiers in Psychology*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.620718>
- Ozamiz, E. N.; Dosil, M.; Idoiaga, N.; Berasategi, N. (2021b). Estado emocional del profesorado de colegios y universidades en el norte de España ante la COVID-19. *Revista Española de Salud Pública* 95, 1-8. [https://www.mscbs.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos\\_propios/resp/revista\\_cdrom/VOL95/O\\_BREVES/RS95C\\_202102030.pdf](https://www.mscbs.gob.es/biblioPublic/publicaciones/recursos_propios/resp/revista_cdrom/VOL95/O_BREVES/RS95C_202102030.pdf)

- Prada, R.; Gamboa, A. A.; Hernández, C. A. (2021). Efectos depresivos del aislamiento preventivo obligatorio asociados a la pandemia del COVID-19 en docentes y estudiantes de una universidad pública en Colombia. *Psicogente* 24, 45, 1-20. <https://doi.org/10.17081/psico.24.45.4156>
- Ribeiro, B. M. Dos S. S.; Scorsolini, C. F.; Dalri, R. de C. de M. B. (2020). Ser docente en el contexto de la pandemia de COVID-19: reflexiones sobre la salud mental. *Index de Enfermería* 29 3, 137-141. [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1132-12962020000200008&lng=es&tlng=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1132-12962020000200008&lng=es&tlng=es).
- Robinet, S. A. L.; Pérez, A. M. (2020). Estrés en los docentes en tiempos de pandemia COVID-19. *Polo del conocimiento* 5, 12, 637-653. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2111/4197>
- Román, F. (2020). Resiliencia de docentes en distanciamiento social preventivo obligatorio durante la pandemia de COVID-19. *Journal of Neuroeducation* 1,1, 76-87. <https://doi.org/10.1344/joned.v1i1.31727>
- Sánchez, M.; Martínez, A. M.; Torres, R.; de Agüero, M.; Hernández, A. K.; Rendón, V. J.; Jaimes, C. A. (2020). Retos educativos durante la pandemia de COVID-19: una encuesta a profesores de la UNAM. *Revista Digital Universitaria* 21, 3, 1-24. <http://doi.org/10.22201/codeic.16076079e.2020.v21n3.a12>
- Stachteas, P.; Stachteas, C. (2020). The psychological impact of the COVID-19 pandemic on secondary school teachers. *Psychiatriki*, 31, 4, 293-301. <https://doi.org/10.22365/jpsych.2020.314.293> Stachteas y Stachteas, 2020
- Trinidad, J. E. (2021). Equity, engagement, and health: school organizational issues and priorities during COVID-19. *Journal of Educational Administration y History* 53, 1, 67-80. <https://doi.org/10.1080/00220620.2020.1858764>

# DESARROLLO DE HERRAMIENTAS DIGITALES COMO FORTALECIMIENTO DEL PROCESO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE LA ASIGNATURA DE BIOQUÍMICA PARA MVZ

*Ana Elvia Sánchez-Mendoza<sup>1</sup>, Rosa Isabel Higuera-Piedrahita<sup>1</sup>, Héctor Alejandro de la Cruz Cruz<sup>1</sup>, Silvia Leticia Bonilla Orozco<sup>1</sup>, Francisco Javier Cervantes Aguilar<sup>1</sup>, Juana Alicia Alquicira Camacho<sup>1</sup>, Ernesto Valencia Gutiérrez<sup>1</sup>, Jaime Arturo Fernández Alquicira<sup>1</sup>, José Francisco Montiel Sosa<sup>1</sup>*

<sup>1</sup> *Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México.*  
[anasanchez12@cuautitlan.unam.mx](mailto:anasanchez12@cuautitlan.unam.mx)

## Resumen

La Fes-Cuautitlán busca crear espacios virtuales de trabajo en la plataforma Classroom como apoyo a la impartición de clases de Bioquímica de la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia. El objetivo de este proyecto fue el desarrollo de una plataforma que integró el trabajo colaborativo entre docentes e incluyó el siguiente material: 1) Desarrollo didáctico de los temas del programa de la asignatura, mediante presentaciones y análisis de casos 2) Herramientas de apoyo al desarrollo y/ o repaso de los temas como ejercicios didácticos de aplicación online. 3) Herramientas de evaluación y seguimiento al alumno mediante recursos de GSuite: Google forms y Jamboard. 4) Desarrollo del contenido práctico de la asignatura mediante videos contextualizados, editados y detallados conforme al manual de prácticas de la asignatura. La elaboración del material didáctico se incorporó a classroom, a la cual los alumnos que cursen la asignatura tienen acceso. Esta iniciativa benefició alrededor de 400 alumnos tanto de nuevo ingreso como alumnos recursadores y oyentes.

**Palabras clave:** Enseñanza, bioquímica, aprendizaje, Classroom, MVZ

## Antecedentes

La contingencia sanitaria por la pandemia de Covid-19 ha generado una situación sin precedentes en la educación superior en México y en el mundo. Para hacer frente a esta situación los docentes se han visto en la necesidad de conocer e implementar recursos digitales vinculados al desarrollo del aprendizaje, para dar continuidad vía remota, a las actividades académicas en modalidad híbrida. Razón por la cual y en pro del desarrollo cognitivo, es necesario elaborar herramientas de consulta y apoyo didáctico para los alumnos de primer ingreso, reingreso que se ajusten a la modalidad híbrida y que además sean de utilidad como alternativas de apoyo a las sesiones presenciales.

La Asignatura de Bioquímica de la Carrera de MVZ de la FESC se imparte en primer semestre en el plan “A” y en el segundo semestre, en el plan “B”, con un aproximado de 400 alumnos por semestre. Con 4 horas teóricas y 5 prácticas (en estas últimas se incluyen 2 horas de taller). Los académicos han elaborado su material para impartir la materia, basado en apuntes que cada uno diseña, de la misma manera, los exámenes parciales y finales. Cada una de las unidades es abordada en la mayoría de los casos, con la exposición oral de los temas, exposiciones audiovisuales, discusión en pequeños grupos, trabajos de investigación, actividades extraclase, entre otros, éstos específicamente para impartir clases de forma presencial.

El uso de una plataforma permite el acceso a un material colegiado para profesores y alumnos, que puede consultarse y trabajarse de manera síncrona o asíncrona, en donde los alumnos inscritos, así como los profesores, podrán consultar, repasar y discutir cualquier tema del programa de la asignatura de Bioquímica por medio de sus dispositivos móviles en cualquier momento y lugar ya que, los productos generados estarán disponibles en la plataforma de classroom. Es relevante enfatizar, que Google Classroom es muy versátil, el contenido es seguro ya que el material es elaborado y modificado por los profesores, se facilita el diseño de cuestionarios, ejercicios, problemas, actividades diversas que favorezcan el trabajo colaborativo y optimizar procesos de enseñanza-aprendizaje.

Actualmente se reconoce la importancia de la transferencia del conocimiento, de la educación integral con el acompañamiento y el desarrollo de las potencialidades de los estudiantes a través del uso de las TICs; de igual forma, la necesidad de la inclusión de estas nuevas tecnologías en el desarrollo humano y su utilización dentro de los programas de docencia, atendiendo las nuevas demandas y los cambios en las propuestas educativas (Castellanos Londoño y Correa, 2013; Urcelay *et al*, 2001), es por ello que

el desarrollo propuesto y habilitación de esta plataforma educativa a través de classroom en estos tiempos de contingencia sanitaria permitió continuar desarrollando la práctica docente a distancia además que al retomar las actividades presenciales, el material seguido y seguirá disponible para los alumnos y maestros como apoyo para preparar la clase, los exámenes extraordinarios y los remediales.

## Objetivo

El objetivo de este proyecto fue generar una comunidad de aprendizaje en línea en la Plataforma Google Classroom que respalde la interacción grupal entre profesores y alumnos, ofreciendo alternativas innovadoras que complementen la educación presencial a través de herramientas de información y comunicación que permitan al docente y estudiantes tener mayor interactividad con los contenidos y materiales didácticos.

## Materiales y métodos

Este proyecto se llevó a cabo de forma híbrida, de forma tal que la parte documental se realizó en las condiciones del hogar de los académicos participantes y la elaboración del material audiovisual para las prácticas se realizó en el laboratorio de Bioquímica de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán bajo las condiciones de sana distancia y uso correcto del tapabocas. Este proyecto se llevó a cabo en tres etapas: Primera etapa (Primer año): 1. Se recopilaron los apuntes y material creado por los maestros de bioquímica para jerarquizarlos y analizarlos. 2. Se tomó el material con mayor rigurosidad en cuanto a la profundidad de los temas y que se apegue a los lineamientos del programa de la asignatura. 3. Los apuntes se actualizaron en cuanto a información y bibliografía conforme a los recursos ofertados por la Universidad Nacional Autónoma de México a través de la red BIdi UNAM 4. Se realizó la compra de libros electrónicos actualizados de Bioquímica para complementar la información anterior. 5. Los apuntes se editaron y se presentaron en distintos formatos como pdf, .doc, jpg, mp4, ppt, entre otros conforme a las unidades del programa. 6. Los apuntes elaborados se subieron a la plataforma Google Classroom y quedaron a disposición de los alumnos y de los maestros. 7. Con base en los apuntes, se realizó un banco de preguntas que hace parte de la metodología de evaluación del curso. El link de acceso se puso en la plataforma de Google Classroom. Segunda etapa (Primer y Segundo año): 1. Las

prácticas de laboratorio se estandarizaron a las condiciones de la preparación de reactivos, actualizadas y se describió el procedimiento metodológico para su realización siguiendo los lineamientos del manual de prácticas (Departamento de Ciencias Biológicas, 2021). 2. Se elaboró un guión para la realización de las prácticas con el apoyo de dos alumnos de preparatoria y uno de licenciatura como actividad previa a grabar la práctica 3. Se filmó la metodología de las prácticas y se editaron en videos con formato mp4 y subtítulos. 4. Los vídeos se subieron a un canal privado de youtube en el cual los maestros tienen acceso y los links en la plataforma de Google Classroom para que los estudiantes tengan acceso.

## Resultados y discusión

El presente proyecto obtuvo como resultados la elaboración y edición de una plataforma en Google Classroom a través de las herramientas de GSuite que brinda el dominio cuautitlan.unam.mx. Se elaboraron 9 recursos en formato jpg ó pdf ó ppt ó .doc que corresponde a las Unidades del Programa de Bioquímica de Medicina Veterinaria y Zootecnia y se elaboró un banco de preguntas por Unidad las cuales están disponibles en la plataforma de Google Classroom por Unidad como estrategia de evaluación. En el segundo año se grabó, editó y publicó en un canal privado de Youtube nueve prácticas de laboratorio conforme el programa de la Asignatura de Bioquímica, se actualizó la plataforma de Google Classroom incluyendo los videos de las prácticas y material de apoyo en formato pdf. Se contribuyó a la formación de dos alumnos de preparatoria en la estandarización y realización de prácticas de bioquímica para licenciatura y se apoyó en la formación de un alumno de licenciatura como parte de su servicio social. El uso de herramientas digitales que fortalezcan el proceso de enseñanza aprendizaje en los alumnos se convierte en una prioridad en un sistema educativo a distancia, favorece el desarrollo de competencias en los alumnos y los acerca al conocimiento y comprensión del mismo desde una perspectiva didáctica. Granda *et al* (2019) proponen que el uso de las tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) son primordiales para generar nuevos paradigmas educativos, además de ello, se convierten en alternativas de uso asincrónico, interactivos que favorecen el interés, el aprendizaje autónomo, la colaboración y cooperación y la interacción en canales no presenciales. Iglesias *et al* (2013) evaluaron la experiencia de innovación metodológica donde conocieron y analizaron la efectividad de las redes sociales y plataformas virtuales para

el desarrollo de aprendizaje colaborativo en el aula, los autores demostraron que los estudiantes muestran un nivel alto de satisfacción, sin embargo, se establece que falta tiempo para establecer las tecnologías de comunicación como un elemento natural en las actividades de enseñanza-aprendizaje y por supuesto la inclusión en el aula es un proceso gradual.

## Conclusiones

El desarrollo de herramientas de aprendizaje para el fortalecimiento y la integración del conocimiento en el área de bioquímica brinda bases conceptuales necesarias para el desarrollo del alumno a lo largo de su carrera profesional.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la UNAM-DGAPA por el financiamiento del proyecto PAPIME- PE211521 denominado: “Desarrollo de herramientas digitales para fortalecer el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura de Bioquímica en la licenciatura de Medicina Veterinaria y Zootecnia”

## Referencias

- Castellanos Londoño, I., y Correa Assmus, G. Enseñanza de la medicina veterinaria, bioética y uso de las TIC. *Revista de la Universidad de La Salle*. 2013. 60:177-191.
- Granda Asencio, Leonela Yajaira, Espinoza Freire, Eudaldo Enrique, & Mayon Espinoza, Sotil Esteban. ICT as didactic tools of the teaching-learning process. *Conrado*. 2019.15(66):104-110.
- Iglesias Martínez M, Lozano Cabezas I, Martínez Ruiz M. La utilización de herramientas digitales en el desarrollo del aprendizaje colaborativo: análisis de una experiencia en Educación Superior. *Revista de docencia Universitaria*. 2013. 11(2):33-351.
- Urcelay V., Santiago; Gecele K., Plinio. Estado del arte de la enseñanza de la medicina veterinaria en Chile. *Monografías de Medicina Veterinaria*, Vol.21(2), diciembre 2001.
- Departamento de Ciencias Biológicas, Sección de Bioquímica y Fisiología Agropecuaria, (2021). *Manual de Prácticas de Bioquímica para la Carrera de MVZ*. Cuautitlán Izcalli, Estado de México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

# GAMIFICACIÓN APLICADA EN EL DESARROLLO DE UN VIDEOJUEGO 2D COMO ESTRATEGIA DE EDUCACIÓN AMBIENTAL

*Danilo Alejandro Soria Maldonado, Sara Marina Haro Loo\**

*Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, Universidad Central del Ecuador,  
[dasoria@uce.edu.ec](mailto:dasoria@uce.edu.ec), [smharol@uce.edu.ec](mailto:smharol@uce.edu.ec)*

## Resumen

La mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje, constituye un desafío permanente para la educación en todos los niveles, que conlleva al desarrollo de variadas estrategias que fomenten un aprendizaje activo. Así mismo, las nuevas tecnologías son aplicadas en la educación, desde diversos enfoques, adaptándose a los perfiles de las nuevas generaciones. El objetivo del trabajo es generar conciencia ecológica aplicando la regla de las 3R, reutilizar, reciclar y reducir, en los estudiantes de educación básica superior del Colegio Academia U.S.A. Para este efecto, se desarrolla un videojuego 2D para dispositivos móviles Android, en el cual se implementan técnicas de aprendizaje basadas en la Gamificación. Este prototipo de videojuego constituye una prueba piloto con alto potencial de escalabilidad a nivel nacional. Tomando en cuenta al público que está dirigido, se pretende que esta herramienta pueda servir como refuerzo para las acciones implementadas por el Ministerio de Educación del Ecuador.

**Palabras clave:** Gamificación, Técnicas de aprendizaje, Educación ambiental, Regla de las 3R, videojuego en Unity

## Antecedentes

Problemáticas como el cambio climático, pérdida de biodiversidad, tanto flora como fauna, contaminación, desertificación, falta de espacios verdes, hacinamiento de población, son cuestiones catastróficas que se extralimitan a cualquier frontera y no surgen de manera aislada, pues muchas de ellas son producto del complejo desarrollo humano (García & Priotto, 2009).

Esta creciente crisis ecológica de proporciones globales exige considerar la educación ambiental como un tema de relevancia mundial. Es imperativo reiterar la magnitud de su impacto para el futuro, y por ello se requiere concertar esta educación de manera más consciente en los estudiantes, de forma que se interiorice el cuidado del medio ambiente y se implante como parte de los valores fundamentales del ser humano, garantizando un porvenir prometedor, sustentable y benéfico. Por ello, la educación debe favorecer a la construcción, reconstrucción, y la reflexión de conocimientos, desarrollo de valores y destrezas particulares y colectivas, reconociendo la educación como un mecanismo de adaptación cultural del ser humano al ambiente (Martínez Castillo, 2010). En este contexto, surge la necesidad de desarrollar herramientas que puedan reforzar las medidas que se están tomando actualmente para combatir la problemática. Si bien el cumplimiento de los ODS permite asegurar en gran medida la resolución de estos problemas ambientales, es necesario implantar valores desde la formación inicial de un individuo, que permitan generar a la larga humanos con conciencia ambiental.

Por otro lado, el nacimiento de nuevas generaciones cada vez más afines al mundo digital, implica el desarrollo y creación de estrategias lúdicas e innovadoras acorde a las necesidades de estas generaciones, de manera que estos puedan reforzar los métodos de enseñanza tradicionales. Mediante el uso de las TICS junto a estrategias basadas en la gamificación, se pueden desarrollar herramientas interactivas que permitan un aprendizaje más dinámico con mejores resultados, especialmente en las nuevas generaciones. Así se pretende impartir el conocimiento no solo dentro del aula, sino también fuera de las mismas, ya que los estudiantes tendrán la capacidad de llevar esta información a sus hogares y compartirlas con sus seres más cercanos. En la actualidad se propone una evolución en los paradigmas de enseñanza y aprendizaje contemporáneos en las aulas, y este tema trae como punto de interés el uso de videojuegos como una herramienta didáctica de gran potencial (Núñez et al., 2020).

Este potencial surge principalmente por la facilidad de adquirir competencias digitales que poseen las nuevas generaciones, nacidas en un mundo donde desde infantes se

han introducido a un ambiente tecnológico y esto lo hacen principalmente mediante los videojuegos (Gros Salvat, 2009). Sin embargo, el hecho de que los videojuegos se consideren una herramienta de gran capacidad en una era digital con educación actualizada de aplicación de Tics e instrumentos digitales no significa que se puede considerar cualquiera de ellos como un instrumento a emplear en las aulas. Principalmente se debe tomar en cuenta que en sus orígenes los videojuegos fueron creados con fines esparcimiento y diversión, por tanto, y en su constante evolución hasta la actualidad existen infinidad de géneros cada uno con diferentes mecánicas, historias, temas o ideologías, adaptados para diferentes tipos de públicos (Etxeberria, 2011).

Si bien el desarrollo de este prototipo de videojuego es una propuesta piloto, que pretende en un futuro ser introducida en varias instituciones a nivel nacional, en una primera instancia será testada en los estudiantes de la Academia U.S.A., donde se realizarán encuestas para determinar si el prototipo cumple tanto con los objetivos de aprendizaje determinados, como el nivel de experiencia al usar la aplicación.

## **Objetivo**

El objetivo del trabajo es generar conciencia ecológica aplicando la regla de las 3R, reutilizar, reciclar y reducir, en los estudiantes de educación básica superior del Colegio Academia U.S.A., a través del desarrollo de un videojuego 2D para dispositivos móviles Android, con técnicas de aprendizaje basadas en la Gamificación.

## **Metodología**

Para el presente trabajo se seleccionó la metodología SUM, debido a las cualidades óptimas que esta ofrece en el tratamiento y desarrollo de videojuegos, y específicamente dadas las características del prototipo a desarrollar como proyecto. Esta metodología fue pensada para equipos multidisciplinarios de desarrollo pequeños, mejorando su productividad, y está adaptada para proyectos cortos de menos de un año de duración, además, tiene la finalidad de desarrollar videojuegos de calidad, administrando los recursos de forma eficiente mediante la mejora continua (Acerenza et al., 2009). La metodología contempla las siguientes fases:

### *Fase 1: Concepto*

En la fase inicial de esta metodología se define el concepto del videojuego a partir de ideas y propuestas dadas a lo largo de reuniones entre el equipo de trabajo. Definir el concepto del videojuego implica de igual manera el definir el público al cual estará dirigido el juego, sus elementos, tales como sus características, gameplay, personajes e historia y aspectos más técnicos como el lenguaje y herramientas para su desarrollo.

### *Fase 2: Planificación*

En esta fase se define el cronograma del proyecto en el cual se detallan los principales hitos y se determinan las tareas del equipo de trabajo, en caso de ser necesario se define el presupuesto para la elaboración del proyecto. Por último, se especifican las características del proyecto, tanto funcionales (funcionalidad del videojuego) como no funcionales (propiedad o cualidad del videojuego). Cabe recalcar que el propósito de esta fase es planificar las fases restantes del proyecto, y en específica la fase de elaboración, en la cual se puede modificar la planificación en cada iteración para que esta se adapte a los cambios y a la situación actual del proyecto.

### *Fase 3: Elaboración*

La fase de elaboración es un proceso iterativo en el cual se implementa el videojuego, es decir que se desarrolla de manera iterativa e incremental con el objetivo de conseguir una versión ejecutable del videojuego tras cada iteración. Esta se encuentra dividida en tres etapas: planificación, desarrollo y evaluación. En la primera etapa se planifican y definen los objetivos a cumplir, las características a implementar y métricas para posteriormente darle seguimiento al desarrollo del videojuego. En la segunda etapa se desarrollan todas las características planificadas en la etapa anterior, dando seguimiento de su desarrollo según las métricas establecidas para esto. En la tercera etapa se evalúa el estado actual del videojuego con el fin de actualizar el plan de proyecto y realizar cambios al mismo en caso de ser necesarios para cumplir con los plazos establecidos y cumplir con los objetivos planteados.

#### *Fase 4: Beta*

Esta fase está destinada a la corrección de errores y evaluación de los diferentes aspectos que conforman el videojuego, tales como su curva de aprendizaje, dificultad y gameplay. Posteriormente se realizan los ajustes correspondientes para liberar una nueva versión repitiendo este ciclo hasta alcanzar el criterio de calidad establecido en primera instancia el plan del proyecto.

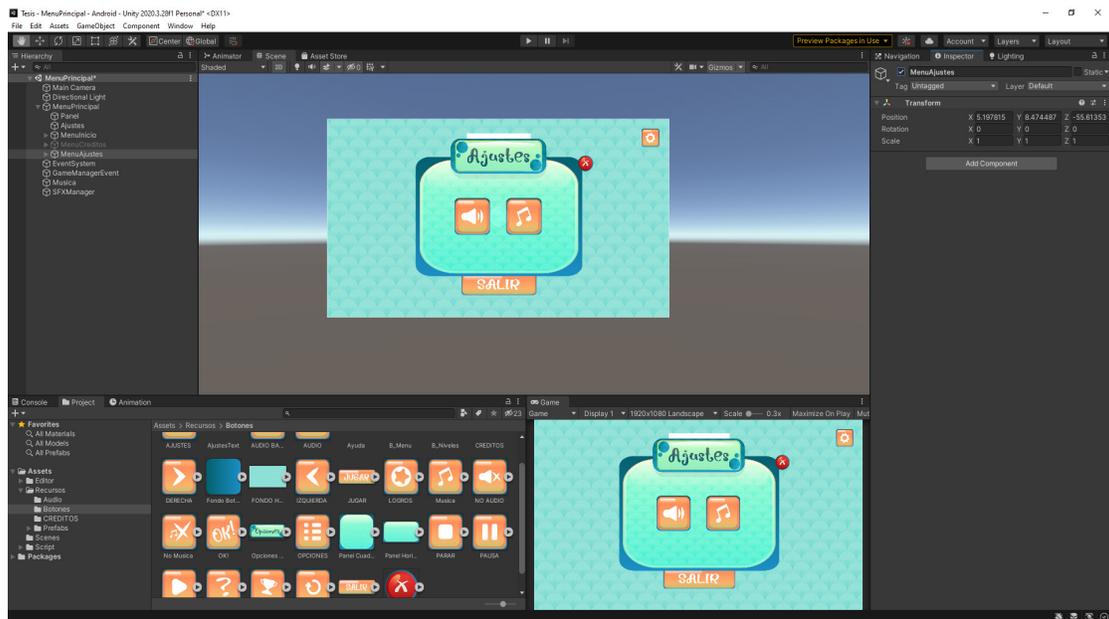
#### *Fase 5: Cierre*

En esta última fase se entrega la versión final del videojuego al cliente para más adelante evaluar al videojuego como tal. Para esta evaluación se analiza el cumplimiento de los objetivos establecidos para el videojuego, el éxito conseguido con el mismo y los problemas ocurridos. Finalmente, con los resultados conseguidos se plantean mejoras al videojuego y a la metodología.

### **Resultados y discusión**

Al momento el proyecto se encuentra en fase de elaboración, en la cual se programan las mecánicas del videojuego y la funcionalidad de cada elemento de la interfaz de usuario. Simultáneamente a la programación, se desarrollan las artes y elementos gráficos, que se incorporan en la medida que avanza el desarrollo mismo de la aplicación. Utilizando los principios de gamificación, se pretende que las mecánicas implementadas en el videojuego permitan que el producto final facilite la difusión de la información sobre la regla de las 3R de una manera lúdica y atractiva para los estudiantes de educación básica superior.

Por otro lado, se ha podido constatar que el motor de videojuegos Unity, utilizado en el proyecto, tiene un entorno de renderizado rápido y un conjunto de funciones sólidas que facilitan la personalización. Además, es asequible y tiene una interfaz relativamente sencilla con la capacidad de arrastrar y soltar objetos del juego. Características que favorecen su rápido aprendizaje y uso, criterio que coincide con varios autores que han desarrollado videojuegos para el aprendizaje en varios campos de la educación (Domínguez & Lima, 2019; Kumar et al., 2011; Pazmiño, 2021). En la Fig. 1 se puede observar una muestra de los Prefabs de la interfaz de usuario del software Unity.



**Figura 1.** Prefabs de los botones de la interfaz de usuario en el software Unity

## Conclusiones

El proyecto se encuentra en fase de desarrollo del aplicativo, que tiene como finalidad generar conciencia ambiental en los estudiantes de educación básica superior del Colegio Academia U.S.A. La fase de pruebas y testeo se pondrá en ejecución en noviembre del 2022.

El software Unity al poseer una amplia comunidad detrás del mismo, ha facilitado el proceso de desarrollo del aplicativo, disminuyendo en gran medida tiempo y recursos previstos en la planificación.

Se espera llegar a cumplir con el objetivo planteado en esta investigación, para lo cual se complementará con una fase de investigación de corte transversal, no experimental, utilizando un cuestionario para evaluar el nivel de efectividad del videojuego en la interiorización sobre el cuidado del medio ambiente en los estudiantes.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a los directivos del Colegio Academia U.S.A. por la apertura brindada para la aplicación del prototipo del videojuego en los estudiantes de educación básica superior.

## Referencias

- Acerenza, N., Coppes, A., Mesa, G., Viera, A., Fernández, E., Laurenzo, T., & Vallespir, D. (2009). *Una Metodología para Desarrollo de Videojuegos*.
- Domínguez, E. F., & Lima, F. J. (2019). *Desarrollo de un videojuego 3D para el aprendizaje de los movimientos y fuerzas para niños de 10 años del colegio Johann Amos Comenius*.
- Etxeberria, F. (2011). *Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*. <http://campus.usal.es/~teoriaeducacion/DEFAULT.htm>
- García, D., & Priotto, G. (2009). *EDUCACIÓN AMBIENTAL*. Secretaria del Ambiente y Desarrollo Sustentable. <http://www.ambiente.gob.ar>
- Gros Salvat, B. (2009). Certezas e interrogantes acerca del uso de los videojuegos para el aprendizaje. *Nº*, 7, 251–264.
- Kumar, S., Hedrick, M., Wiacek, C., Student, G., & Messner, J. I. (2011). DEVELOPING AN EXPERIENCED-BASED DESIGN REVIEW APPLICATION FOR HEALTH-CARE FACILITIES USING A 3D GAME ENGINE. In *Journal of Information Technology in Construction (ITcon)* (Vol. 16). <http://www.itcon.org/2011/6>
- Martínez Castillo, R. (2010). La importancia de la educación ambiental ante la problemática actual. *Revista Electrónica Educare*, 14(1), 97–111. <https://doi.org/10.15359/ree.14-1.9>
- Núñez, E., Sanz, Y., & Ravina, R. (2020). Videogames in education: Benefits and harms. *Revista Electronica Educare*, 24(2). <https://doi.org/10.15359/ree.24-2.12>
- Pazmiño, C. A. (2021). *Desarrollo de un videojuego de carreras orientado a dotar de información sobre cuatro animales del Ecuador en peligro de extinción y cómo evitar su desaparición*.

# UN ENFOQUE INTEGRAL CONTRA EL PLAGIO EN LA EDUCACIÓN UNIVERSITARIA

*Juan Carlos García Rodríguez*

*Facultad de Ciencias Administrativas y Sociales, Universidad Veracruzana, [juangarcia06@uv.mx](mailto:juangarcia06@uv.mx)*

## **Resumen**

En este trabajo se abordan algunos de los problemas relacionados con el plagio y su presencia en la educación universitaria. Igualmente se propone el abordaje de forma que integre los saberes que se incluyen en la mayoría de los programas de las experiencias educativas relacionadas con la escritura y la redacción. Asimismo, se recuperan datos sobre el plagio entre los estudiantes y su experiencia a través de estudios prácticos y teóricos sobre el tema, como son estadísticas y encuestas. En la conclusión se propone la forma de integrar los saberes y los contenidos teóricos para evitar el plagio.

**Palabras clave:** plagio, educación, universidad, estudiantes, maestros, escritura.

---

## Antecedentes

Dice Borges en “Pierre Menard, autor del Quijote”: “El texto de Cervantes y el de Menard son verbalmente idénticos, pero el segundo es casi infinitamente más rico. (Más ambiguo, dirán sus detractores; pero la ambigüedad es una riqueza)” (Borges, 91. Hablar del plagio puede ser complejo. Por ejemplo, Borges en su cuento planteaba que un mismo texto, enunciado por diferentes personas en diferentes tiempos y circunstancias generaría significados distintos, y de esta manera, Pierre Menard podría considerarse un autor “original” del Quijote. Sobre el mismo tema han reflexionado autores como Umberto Eco y George Steiner, quienes lo llevan a los terrenos del lenguaje y la traducción.

Sin embargo, a pesar del hecho de que filosófica y epistemológicamente podríamos discutir sin llegar a conclusiones firmes, existe un acto simple que es inmoral y antiético, tomar la idea o el texto de otro autor y presentarlo como propio; incluso se configura un delito para el cual han sido determinadas penas y sanciones. No se trata de significados diferentes ni de descubrir los sentidos. Se trata simplemente de decir “escribí esto”, cuando no lo hemos escrito, con fines regularmente prácticos. Esta práctica deshonesta entre estudiantes de posgrado, con trabajos publicados en revistas arbitradas, se podría explicar debido a la presión para publicar ensayos y artículos; en estudiantes de universidad no existe más que el objetivo de aprobar la materia y la conciencia de que solo el profesor leerá el trabajo y no será expuesto en una publicación.

## Objetivos

Aunque incluso la definición de plagio puede ser polémica, es posible reducir esta a lo que entienden Sureda y Comas por ciberplagio: “la localización, adopción y presentación de ideas, hipótesis, resultados, textos, etc., que son ajenos como propios para cualquier trabajo académico” (2007).

Todos los periodos escolares, los profesores de todas las áreas del conocimiento reciben trabajos que han sido plagiados en diferente medida, tal vez una idea, un par de párrafos o en casos extremos todo el texto; lo cual constituye un serio problema en la educación de todos los niveles, y específicamente en la educación universitaria, donde los estudiantes deben comenzar a generar conocimiento.

De acuerdo con Egaña, el 61.1 por ciento de los estudiantes admiten haber presentado

trabajos ajenos como propios y el 3.3 por ciento admite haber entregado trabajos de otros estudiantes. En la misma investigación se consigna que los maestros piensan que los estudiantes plagian porque “con internet es muy fácil” (Egaña, 2012).

Los estudiantes reconocen esta falta, los cursos de redacción desde la educación básica contemplan el tema, pero incluso así persiste. Así que surgen dos interrogantes, cuáles son las causas del problema y cómo podríamos enfrentarlo como profesores de redacción y corresponsables, pues como admiten Ochoa y Cueva (2017), “las causas y consecuencias de este problema no radican sólo en el estudiante sino en toda la comunidad académica implicada. Un campo intelectual es un campo de acción donde hay una serie de relaciones de interdependencia y de poder a través de las cuales se configura una comunidad académica”.

## Descripción

En el origen tenemos los procedimientos y métodos que se han utilizado en la educación básica para los trabajos escritos, en donde se da una mayor importancia a la búsqueda y consignación de información que a la reflexión y el pensamiento del estudiante. Se les encarga investigar sobre un tema, buscar los conceptos principales y consignarlos, con suerte registrando las fuentes. Es comprensible en cuanto a que el estudiante está en una etapa de adquisición del conocimiento, de saberes y competencias. Pero no hay un acompañamiento en donde el estudiante reflexione sobre lo que ha leído e investigado, lo que conocemos como lectura crítica. En general, esta es la forma en la que los estudiantes redactan sus trabajos escritos hasta la educación media; la cantidad de reflexión y discusión depende más del estudiante que de la metodología que se les brinda.

Por otra parte, entre los alumnos existe una creencia casi general de que es difícil escribir o por lo menos expresar por escrito ideas propias. Esto conlleva miedo y la negativa a escribir. Muchos estudiantes universitarios no se consideran capaces de escribir un texto, sobre todo de tipo académico, así que se limitan a trasladar la información encontrada, a veces en forma de paráfrasis o en cita directa, muchas veces sin la fuente ni la debida citación.

Otro aspecto a considerar es que actualmente la principal fuente de información es internet (Egaña, 2012, Sureda & Comas 2006). No es negativo per se, pues es la principal fuente no solo para estudiantes sino para muchos investigadores y académicos por la cantidad de información y conocimiento actualizado disponible en la red.

En la actualidad, sólo datos muy específicos son buscados en el libro impreso o hemerotecas. Pero en el caso del estudiante también se debe tomar en cuenta el tipo de búsqueda, pues en la mayoría de los casos nos encontramos con investigaciones superficiales donde no hay posibilidad de que el alumno reflexione ni discuta, esto es, definiciones generales. Y la mayor parte no son fuentes académicas sino de consulta o de sitios genéricos. Incluso en ocasiones resultan ser poco confiables y con información dudosa. Debido a que el internet es la principal fuente de información, la incorporación de los datos es directa. Es decir, no hay espacio para reflexionar sobre ellos, de manera que se genere un pensamiento propio; esto da como resultado una traslación directa, copiar y pegar.

Hasta el momento, sobre las causas, hemos identificado tres, la metodología de trabajo, la supuesta incapacidad y la fuente de información. Seguramente encontremos más, pero quedémonos por el momento con estas para poder analizarlas y confrontarlas. Aunque el tema del plagio está incluido en la mayoría de los programas de redacción o similares y ahí se revisan casos y se discute sobre la gravedad de un problema que no solo afecta el nivel de la educación superior sino todos los grados escolares y ámbitos sociales, no parece ser suficiente. Al discutir el tema en clase, los alumnos advierten que es una falta, sus consideraciones negativas y las posibles repercusiones; sin embargo, en la entrega de trabajos continúan los casos de plagio.

## **Discusión y resultados**

Es necesario un enfoque integral en donde el plagio no solo sea un tema a discutir como parte del temario, sino que se les brinden herramientas y se desarrollen habilidades para evitarlo. Esto tiene que ver con varios puntos del mismo programa, como la lectura crítica que mencionamos antes, los formatos de citación con sus conceptos (cita directa, paráfrasis, referencia parentética, etc.), las estructuras de los textos académicos, modelos y metodologías de investigación y metodología para la escritura. Incluso, sería beneficiosa la relación con otras materias, como Habilidades del pensamiento crítico y creativo.

Revisemos solamente algunos de los temas del programa y cómo inciden en la conciencia del plagio y podrían prevenirlo o evitarlo. De acuerdo con lo observado, el plagio no es un fin en sí mismo, no existe interés en cometer plagio y en este caso tampoco se explica por presiones académicas en cuanto al grado de profundidad e investigación. Su objetivo es evitar escribir por la presunta incapacidad y, por otra parte, es la forma

en la que lo han hecho hasta ahora, buscar información y copiarla, y la investigación es principalmente en internet, de donde es fácil copiar textos o fragmentos.

La materia de redacción en el grado universitario es una asignatura que debe preparar a los estudiantes en su formación de habilidades y competencias que le servirán para su trayectoria universitaria y su vida profesional. Así que uno de los objetivos es que el alumno modifique su idea de investigación y escritura, de una simple búsqueda y consigna a una investigación y reflexión que lleve a la generación de conocimiento.

En tipos de lectura, es necesario integrar el tema de la lectura crítica a la idea de investigación de los alumnos para cambiar el paradigma de investigación y escritura académica. La lectura crítica debe permitirles no solo comprender el texto sino discutir con las ideas planteadas en él para generar ideas propias y argumentos a defender, en suma, una postura académica sobre un tema. Esto tiene una directa relación con la búsqueda de información, por una parte, y la delimitación del tema por otra.

En el tema de tipos de lectura también se señala la necesidad de identificar y reconocer textos confiables y académicos de aquellos que no lo son. De esta forma se evitan definiciones muy generales de un tema que no permiten una discusión. Un texto académico, por lo general, presenta propuestas sobre puntos particulares de un tema, de manera que obliga a una reflexión más profunda y a discutir con las ideas del autor. Encontrar los textos académicos adecuados permitirá al estudiante desarrollar sus propios argumentos. Igualmente será indispensable observar la delimitación de un tema. La delimitación del tema, enfoque, tiempo y espacio en un problema de investigación permite encontrar mejores textos en la búsqueda de información, de tipo académico y específicos; de manera que le permite al estudiante no solo observar y conocer los tipos de texto que se escriben sobre el problema de su interés, sino discutir con esas ideas, y así obtener conclusiones es más lógico que cuando se queda en generalidades del tema. El objetivo es que el estudiante genere ideas y que desarrolle argumentos que quiera expresar en su texto.

No sobra decir que los formatos de citación y los aspectos formales de la presentación de un texto académico son fundamentales. Tan importante es que el estudiante conozca y aplique correctamente el formato como comprender que sí es posible trabajar con textos ajenos, usar fragmentos de ellos o extraer ideas, pero que hay formalidades que nos permiten no cometer plagio.

## Conclusiones

Como se puede observar, se propone trabajar el problema desde el origen, el concepto que tiene el estudiante de investigación y escritura académica, modificar la metodología para llevar a cabo un trabajo escrito. Todo esto desemboca en un trabajo cercano del docente con el alumno para la escritura de los diferentes textos académicos que se revisan durante el semestre y donde se ponen en práctica las habilidades y competencias adquiridas por el estudiante. De acuerdo con Cebrián-Robles et al (2018), los ejercicios de escritura así como otras prácticas docentes ayudan a disminuir el problema mucho más que las medidas coercitivas o punitivas.

Por ello, los docentes pueden hacer mucho en su labor formativa, desde el diseño de los cursos, pasando por las tutorías, hasta llegar a la supervisión de los trabajos. Como demuestran Heckler, Forde, & Bryan (2013) al comprobar que, tareas como el diseño de ejercicios de escritura, pueden mitigar el plagio. Esto se producía cuando en las tareas se solicitaba a los estudiantes justificación de fuentes para sus argumentos y citas adecuadas de las publicaciones utilizadas en Internet. Similares resultados obtienen McGowan & Lightbody, (2008) cuando introdujeron en los ejercicios de estudiantes de económicas la auto-revisión y revisiones de pares sobre el plagio. No hay dudas, por tanto, en la necesidad de plantear medidas formativas y de supervisión, donde predomine tanto el diálogo reflexivo entre docente y estudiantes, como los ejercicios de autorreflexión (Cebrián-Robles, 2018).

El plagio es un problema que se registra en todas las universidades del mundo. La literatura sobre el tema es abundante y exhaustiva. Los acercamientos van desde las características del hecho, es decir, los alcances del plagio que se detecta; sondeos y cuestionarios con maestros y alumnos; propuestas para su erradicación; estudio y análisis de casos, así como seguimiento de las sanciones o medidas que se aplicaron, etc. No hay soluciones definitivas hasta el momento y considero que sería ingenuo pensar en ello. La discusión en clase sobre los alcances del problema, por ejemplo, casos de altos funcionarios en todo el mundo, así como docentes, investigadores y alumnos que han sido sancionados por ello, es importante pero resulta insuficiente.

Las herramientas actuales para detectar el plagio son abundantes y al alcance de los docentes, pero incluso mostrando lo fácil que es el descubrimiento, no ha servido como disuasión para el alumno, como tampoco las advertencias sobre las posibles consecuencias. De hecho, varias investigaciones abordan el problema de estos programas para detectar plagio.

En los últimos años han proliferado diferentes herramientas para la detección de plagio, tanto gratuitas como de pago, que difieren en el nivel de desempeño (índice de similitud, índice de éxito, precisión). Entre ellas nos encontramos con: Plagiarism, Solid Seo Tools, Viper, Plag Tracker, Approbo, Duplichecker, Small Seo Tools, Turnitin, Quetex,... Pero eliminar estas prácticas deshonestas tan arraigadas no pasa sólo por diseñar programas que sean cada vez más precisos en su detección, sino por conocer los motivos que empujan al alumnado a cometerlas (Rebollo, 2017).

La propuesta de una visión integral para enfrentar el plagio como docentes podría darnos más herramientas para trabajar con los alumnos y acrecentar las habilidades y competencias axiológicas y heurísticas que disminuyan el problema o al menos nos permita un cambio conceptual sobre la perspectiva de los estudiantes. Finalmente, el plagio es un acto que incide en los valores: la confianza, la responsabilidad, el respeto y la integridad. Parecen comprenderlo, hay que mostrarles la forma.

## Referencias

Borges, J. L. (1982). *Narraciones*. Salvat.

Cebrián, V.; Raposo, M.; Cebrián, M.; Sarmiento, J. (2018). Percepción sobre el plagio académico de estudiantes universitarios españoles. *Educación XXI*, 21(2), 105-129. <https://redined.educacion.gob.es/xmlui/bitstream/handle/11162/166908/20062-45119-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Comas, R.; Sureda, J. (2007). Ciber-plagio académico. Una aproximación al estado de los conocimientos. *Revista Textos de la CiberSociedad*, 10. [https://www.researchgate.net/publication/52009644\\_Ciber-Plagio\\_Academico\\_Una\\_aproximacion\\_al\\_estado\\_de\\_los\\_conocimientos](https://www.researchgate.net/publication/52009644_Ciber-Plagio_Academico_Una_aproximacion_al_estado_de_los_conocimientos).

Egana, T. (2012). Uso de bibliografía y plagio académico entre los estudiantes universitarios. *Revista de Universidad y Sociedad del Conocimiento (RUSC)*, 9 (2), 18-30. <https://rusc.uoc.edu/rusc/es/index.php/rusc/article/view/v9n2-egana/0.html>.

Ochoa, L.; Cueva, A. (2016). Percepciones de estudiantes acerca del plagio: datos cualitativos. *Encuentros*, 14 (2). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476655852003>.

Rebollo, N.; Espiñeira, E.; Muñoz, J. (2017). Atribuciones causales en el plagio académico por parte de estudiantes universitarios. *Revista de estudios e investigación en psicología y educación*, Extra (6). <https://revistas.udc.gal/index.php/reipe/article/view/reipe.2017.0.06.2453/pdf>.

Serafini, M. (1989). *Cómo redactar un tema. Didáctica de la escritura*. Planeta-Paidós.

# EXPERIENCIA DOCENTE Y EL IMPACTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE DOS ESTRATEGIAS BAJO DIFERENTES ENFOQUES DIDÁCTICOS: AULA INVERTIDA Y GAMIFICACIÓN

*Heidi Nopal Guerrero, Alonso Escalante Reynoso*

*Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Universidad Nacional Autónoma de México,  
[alonsitodepollo@gmail.com](mailto:alonsitodepollo@gmail.com), [alonsoescalante123@gmail.com](mailto:alonsoescalante123@gmail.com)*

## Resumen

Este trabajo aborda el diseño y aplicación de dos estrategias didácticas basados totalmente en diversos lineamientos y documentos institucionales, con diferentes bases cada una, lo cual exige una preparación constante y la búsqueda de estrategias y recursos innovadores para lograr el alcance del aprendizaje significativo en los alumnos. La estrategia didáctica aplicada en el ciclo 2020-2021 se fundamentó en un modelo pedagógico llamado aula invertida y en la estrategia didáctica aplicada en el ciclo 2021-2022 se apoyó con la técnica de aprendizaje llamada Gamificación. Se presentan sus resultados cuantitativos y cualitativos, sus fortalezas y puntos de mejora, con la finalidad de que esta experiencia sirva para considerar y mejorar los puntos débiles y retomar los elementos que conlleven a un verdadero aprendizaje significativo en los alumnos.

**Palabras clave:** Estrategia didáctica. Aprendizaje significativo. Aula invertida. Gamificación. Modelo pedagógico. Técnica de aprendizaje.

---

## Antecedentes

Como profesores de carrera en el Colegio de Ciencias y Humanidades, estamos comprometidos a desarrollar anualmente un proyecto de docencia basado totalmente en diversos lineamientos y documentos tanto oficiales como institucionales, por mencionar algunos tenemos la gaceta amarilla (UNAM, 1971), sentido y orientación del área (UNAM, 2006), programa de estudios de la asignatura (CCH, 2006), el modelo educativo del Colegio de Ciencia y Humanidades, “Evaluación del y para el aprendizaje a distancia” (UNAM, 2020) , “Enseñar en tiempos de COVID-19” (Rappoport, Rodríguez & Bressanello, 2020), el Cuadernillo de Orientaciones aprobadas por el H. Consejo Técnico del Colegio, cuya finalidad de acuerdo con la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades (2020) es “orientan las actividades y precisan los propósitos y las acciones a seguir, para impulsar cada uno de los programas estratégicos propuestos en el Plan de Desarrollo Institucional” (p. 4), dichos proyectos también deben de estar conforme a ciertos criterios de Pertinencia, Calidad y Trascendencia, así como diversas metodologías y modelos educativos como el constructivismo (Suárez, 2000), el trabajo colaborativo que privilegia de por sí el colegio, todo lo anterior aunado con los grandes retos en el periodo de pandemia. En el marco de la emergencia sanitaria dada por el coronavirus COVID-19 que fue notificado por primera vez según la ONU (2020), en Wuhan China el 31 de diciembre de 2019, de tal forma que la situación social, sanitaria y educativa actual nos lleva a realizar una reestructuración en la planeación de nuestra docencia, con la finalidad de apoyar y afectar mínimamente a nuestra población estudiantil, máxime en este caso en dónde dichas estrategias didácticas se aplicaron a grupos de primer semestre, de nuevo ingreso y en donde las actividades se llevaron a cabo a distancia por lo que surge la necesidad de buscar nuevos recursos e innovar haciendo uso en las estrategias didácticas de la metodología del aula invertida (González & Huerta, 2019) y técnicas de Gamificación.

La siguiente propuesta contiene la descripción de actividades, sus resultados e impacto cualitativo y cuantitativo que forman parte del proyecto de docencia que se desarrollará en el periodo 2020-2021 y 2021-2022, de las asignaturas de matemáticas I y II, la materia de matemáticas se encuentra dentro de las cuatro áreas del conocimiento de acuerdo con el Plan de Estudios de la Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades, en lo que respecta al mapa curricular, se ubica e imparte de forma transversal en primer y segundo semestre dentro del área básica y obligatoria (CCH, 2016),

por lo que y como se comentó anteriormente, exige al académico una preparación constante y la búsqueda de estrategias y recursos innovadores para lograr el alcance del aprendizaje significativo en los alumnos y que además favorezca a las prioridades y lineamientos institucionales para orientar los planes y programas de trabajo como el promover las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y las Tecnologías del Aprendizaje y el Conocimiento (TAC), derivado de todo lo anterior se consideró que la estrategia didáctica aplicada en el ciclo 2020-2021 se fundamentara en un modelo pedagógico llamado aula invertida o Flipped classroom y en la estrategia didáctica aplicada en el ciclo 2021-2022 con la técnica de aprendizaje llamada Gamificación.

## Objetivos

Dar a conocer las actividades, sus resultados e impacto cualitativo y cuantitativo del proyecto de docencia que se desarrolló en el periodo 2020-2021 y 2021-2022, de las asignaturas de matemáticas I y II, basadas en la técnica de aprendizaje llamada Gamificación y aula invertida respectivamente.

Referir los resultados recabados y analizados en dichas aplicaciones con sus fortalezas y puntos de mejora, con la finalidad de que esta experiencia sirva para considerar y mejorar los puntos débiles y retomar los elementos que conlleven a un verdadero aprendizaje significativo en los alumnos.

## Parte experimental

La parte experimental se considera en esta propuesta a las estrategias didácticas (Anexo 1 y 2) ya que son las que se aplicaron en los periodos 2020-2021 y 2021-2022 de donde se retomaron sus resultados, por otro lado, podemos mencionar la metodología utilizada, en ambas estrategias didácticas se retomaron diversas metodologías y modelos educativos que rigen al Colegio como el Constructivismo (Suárez, 2000), el aprendizaje significativo (Díaz Barriga & Rojas, 2002) y el trabajo colaborativo (CCH, 1996) que privilegia de por sí el Colegio como se ha comentado, el Cuadernillo de Orientaciones en donde enmarca como prioridad el fortalecer la actualización de los profesores en diversos ámbitos como los didácticos, disciplinarios, de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) y ahora también de las

TAC, las tecnologías aplicadas con la finalidad del aprendizaje y conocimiento (Pinto, Díaz & Alfaro, 2016), para ello dentro de las estrategias didácticas se hará uso en el desarrollo de la estrategia didáctica del ciclo 2021-2022 de la Gamificación como herramienta para una mediación cognitiva (Cesca, s/f), la cual es una metodología que utiliza elementos de los juegos en entornos de enseñanza aprendizaje con el fin de aumentar la motivación de los estudiantes y hacer el aprendizaje significativo (Tecnológico de Monterrey, 2016), para una mediación tecnológica y cognitiva con la intención de incrementar “la predisposición psicológica a seguir en un estado activo” (Foncubierta, Rodríguez, s/f, p. 2), ya que de acuerdo con el Tecnológico de Monterrey (2016) la gamificación “es la aplicación de principios y elementos propios del juego en un ambiente de aprendizaje con el propósito de influir en el comportamiento, incrementar la motivación y favorecer la participación de los estudiantes” (p. 4), lo cual se buscó favorecer a través de la herramienta de gamificación llamada Wordwall con la dirección: Jerarquía de operaciones -Estallido de globos (wordwall.net) y hasta la fase de desarrollo se expondría la jerarquía de operaciones pero, por medio de los resultados de la evaluación diagnóstica aplicada en el primer día de clases se logró identificar que los alumnos carecían de diversos elementos para crear estrategias heurísticas para la elaboración de un plan y su ejecución, con el propósito de ser capaz de operar con los números, así como de diversas nociones, bases y precurrentes del aprendizaje, finalmente de la herramienta planeada de gamificación Genially, con ejercicios el comportamiento grafico de una función cuadrática y con la siguiente liga: <https://view.genial.ly/611325cd2223b30d72ee585a/interactive-content-quiz-cuanto-sabes>

De manera particular en el periodo escolar 2020-2021 por medio del aula invertida o Flipped Classroom en donde se busca que el alumno desarrolle las áreas básicas cognitivas que de acuerdo con Blomm cit Churches (2020) son: recordar, entender, comprender, entre otros, ya que a los alumnos se les presentaron los materiales de estudio antes de la clase para su escrutinio, exploración y estudio; ya dentro del aula o la sesión siguiente, al utilizarse los contenidos de dicho material en diversas actividades, el profesor ponga en práctica los niveles cognitivos superiores como analizar y aplicar, entre otros. Era de gran importancia y la idea medular que el alumno revisara los materiales de estudio antes de la clase para su escrutinio, exploración y estudio ejecutando con ello solamente niveles cognitivos base como recordar, entender, comprender, entre otros, con la intención de que ya dentro del aula en la sesión siguiente, se utilizaran y aplicarán los contenidos de dicho material en diversas actividades, de

esta manera trabajar con los niveles cognitivos superiores como analizar y aplicar, entre otros, también contemplé a Bruner ya que llevó al ámbito de la escuela diversos estudios de sus teorías respecto del conocimiento y el aprendizaje, como el aprendizaje por descubrimiento mediante razonamientos inductivos como el que se propondrá al inicio de la estrategia didáctica de cada tema, por otro lado, se llevará al alumno en todo momento a una postura activa frente a su propio aprendizaje y finalmente el profesor “deja de ser el poseedor exclusivo del conocimiento para convertirse en el facilitador de un proceso de descubrimiento llevado a cabo por el estudiante, bajo su guía” (Camargo & Hederich, 2010, p. 339). El profesor mediante un óptimo andamiaje solo será un apoyo en el proceso de construcción de conocimiento. El concepto de andamiaje fue creado justamente por Bruner en el año de 1978 a partir del concepto de Zona de Desarrollo Próximo de Vigotsky y lo definen como un acercamiento didáctico con la finalidad de generar en los estudiantes su capacidad autorreguladora y con ello el aprendizaje autorregulado con lo que se pretende lograr un aprendizaje significativo (López & Hederich, 2010).

## Resultados y discusión

Respecto a la estrategia didáctica aplicada y diseñada conforme al aula invertida en el ciclo 2020-2021 y considerando que lo primordial en el diseño y la aplicación de las estrategias didácticas es el alcance de los aprendizajes y que este sea significativo, de manera cualitativa podemos comentar que los alumnos que sí observaron los videos contestaron y argumentaron correctamente las preguntas dirigidas del significado de cambio, magnitud, variación, tipos de variación y ejemplos. En cuanto a los conceptos de variable y proporcionalidad intentaron expresar el concepto y significado, pero se observó dificultad en el lenguaje y lenguaje matemático para expresarlos verbalmente, lo cual indica que no se ha logrado un aprendizaje significativo (Vygotsky, 1995). De acuerdo con los resultados anteriores y como se tenía previsto, se brindó al alumno una amplia retroalimentación en correspondencia con lo escuchado por parte de los alumnos en la lluvia de ideas y al ensayo desarrollado por algunos alumnos.

En la fase de desarrollo se trabajó de la actividad de la sesión “Cambio, variación y Proporciones”, el material se proporcionó en línea a través del chat de Zoom, posteriormente se crearon grupos independientes de 4 personas para cada equipo en la misma aplicación para continuar con la planeación propuesta en el proyecto, so-

bre todo el desarrollo del trabajo colaborativo y las habilidades emocionales y sociales como al desarrollo de la autonomía, la responsabilidad y el propio autocontrol en el aprendizaje que este conlleva (Martin, 2002 como se citó en Rojas, s/f). En el desarrollo de la actividad y antes de la entrega individual por cada alumno, con la finalidad de apoyar, retroalimentar y para la evaluación formativa me di a la tarea de visitar aleatoriamente cada uno de grupos creados y observar el desempeño de los alumnos mediante el conjunto de puntos indicados en dicho instrumento, en la fase de cierre se realizó la retroalimentación descrita en el proyecto de docencia, con el apoyo de la evaluación formativa y de la observación se identificó que la mayoría de alumnos, aunque no todos, interpretaron el concepto de proporcionalidad, presentaron su actividad extraclase y con ello el uso de las tecnologías, esto tuvo repercusión también en la actitud participativa y en el punto de se comunica y participa ya que, al hacer un interrogatorio dirigido en desarrollo de la actividad, me percaté que los alumnos que no participaban eran prácticamente los alumnos que no realizaron la actividad extraclase que consistió en observar los videos introductorios a la actividad, al contrario de los que sí revisaron los videos, ya que incluso algunos alumnos manifestaron que fue de gran apoyo para su trabajo en la sesión. Para los alumnos que presentaron dudas y dificultades, se brindó una recapitulación de lo visto en clase.

Respecto a la asignatura de Matemáticas II del segundo semestre en la asignatura Matemáticas II, unidad 2 “Funciones cuadráticas y aplicaciones” el aprendizaje “Estudio gráfico, analítico y contextual de la función  $y = ax^2 + bx + c$ , en particular:  $y = ax^2$ ,  $y = ax^2 + c$  y  $y = a(x - h)^2 + k$ ” de la cual se realizó la planeación, podemos señalar que a diferencia del semestre anterior, en este caso la mayoría si realizaron la actividad extraclase de observar los videos propuestos, los cuales fueron de gran apoyo para que ellos conocieran e identificaran la forma general de una función cuadrática, los terminos de los que está compuesta una función cuadrática, pero aunque dentro del material de apoyo se abordó el concepto de función no se alcanzó realmente un aprendizaje significativo ya que al desarrollar la técnica programada de lluvia de ideas los alumnos no mostraron una actitud participativa, por lo que se optó por el diálogo dirigido, en donde solo de 1 a 3 alumnos de cada grupo pudieron expresar de manera oral las características y significado de la función.

Se planteó en el proyecto que para la revisión de las gráficas de la actividad extraclase de manera aleatoria algunos alumnos pasaran al pizarrón a presentar la gráfica de cada ejercicio, en su lugar para la comprobación de dichas gráficas se utilizó el graficador GeoGebra, les compartí pantalla de cada ejercicio en la aplicación Zoom para que cada

alumno con su actividad revisará e hiciera las correcciones necesarias, finalmente se solicitó de manera aleatoria que algunos alumnos comentaran sus errores observados y realizaran las correcciones necesarias.

Finalmente se presenta una gráfica (Figura 1) en donde se observan las repercusiones de las actividades del proyecto en el aprovechamiento de los estudiantes y en las calificaciones finales de las asignaturas de Matemáticas I y II:



**Figura 1.** Resultados aprovechamiento alumnos primer y segundo semestre.

Con la figura 1 se logran hacer las siguientes inferencias:

-Se observa que en el primer semestre que los alumnos aprobados son del 55% y los alumnos que alcanzan un nivel de aprovechamiento alto son del 42% siendo estos los que muestran el mejor aprovechamiento y que se han logrado los conocimientos significativos.

-En el segundo semestre los resultados son notablemente mejores ya que se alcanza una aprobación del 71% y obteniendo un 50% de aprovechamiento alto.

De acuerdo con figura 1 se puede observar que de acuerdo con la planeación plasmada en el proyecto de docencia, las actividades, materiales y acciones como el andamiaje, entre otros, y su ejecución, se lograron la mayoría de los aprendizajes señalados en el programa de estudios de la asignatura por medio del aprendizaje significativo, ya que al realizar un comparativo de los resultados finales del primer y segundo semestre tenemos que hubo un incremento en el porcentaje de aprobación de un 55% en el primer semestre contra el 71% del segundo semestre, al igual que se tuvo un incremento en el porcentaje de alumnos con un nivel de aprovechamiento alto del 42% en el primer semestre con el 50% en el segundo semestre.



**Figura 2.** Promedios finales de la signatura de Matemáticas del semestre del grupo 125A y 225A

De la estrategia didáctica aplicada y diseñada acorde a la gamificación en el ciclo 2021-2022 tenemos que respecto a lo cuantitativo, se presenta en la siguiente grafica un comparativo de resultados de primero y segundo semestre del grupo 125 y 225 respectivamente, en donde podemos observar que en el primer semestre hubieron 7 alumnos reprobados contra 2 alumnos reprobados en el mismo grupo pero en el segundo semestre y que en el primer semestre no existió ningún alumno con promedio final del semestre de 10 y 9, por el contrario, en el segundo semestre 4 alumnos alcanzaron el promedio final en la asignatura con 10 de calificación, un alumno con calificación final de semestre de 9 y 5 alumnos con promedio final de 8, mientras que en el primer semestre solo 3 alumnos alcanzaron de calificación final 8, con lo anterior se logra constatar que existió mayor aprovechamiento y esto además impacto en las estadísticas de aprobación a consecuencia de las habilidades, actitudes y conocimientos alcanzados de manera progresiva por los alumnos, de modo que podemos asumir que fue positivo el impacto de las estrategias didácticas desarrolladas.

## Conclusiones

Respecto a los resultados de la estrategia didáctica aplicando el Aula Invertida logré una vez más constatar la importancia en el aprendiza de os alumnos de la parte actitudinal, ya que diversos alumnos carecían o carecen de la autogestión para planificar sus tiempos en las actividades extra clase y en sus actividades académicas, esto impacta negativamente en el aprendizaje tal y como se observó en el desarrollo y la aplicación de la estrategia didáctica planteada en el proyecto de docencia, ya que muchos alumnos o gran cantidad de alumnos no se daban el tiempo y tampoco

mostraban la disposición al estudio para ver los vídeos y revisar los materiales, a consecuencia de lo anterior al aplicar la estrategia didáctica se observó una gran diferencia en los alumnos que si revisaron e hicieron uso de los materiales y los que no, esto se tradujo en falta de participación en las sesiones a consecuencia fue disminuyendo la motivación y finalmente desencadenó en la deserción. Respecto al concepto de función, la forma general de una función cuadrática, características de esta y los elementos con la que está compuesta, en dicha actividad se observó gran participación en los alumnos que sí realizaron la actividad, cabe mencionar que una cantidad considerable de alumnos no realizaron la actividad extraclase, no resolvieron las preguntas solicitadas y tampoco observaron los vídeos. Respecto a la estrategia didáctica en donde se hizo uso de la gamificación se encontró que aunque por ejemplo del grupo 215 el 65% de alumnos no hicieron entrega de la actividad y del grupo 225 el 55% tampoco, de los alumnos que sí hicieron entrega de la actividad se identificó que realizaron en general procedimientos excepto en el caso de los valores fraccionarios por lo que hacen correcto uso de valores enteros pero no fraccionarios, el problema que sí se observó en el manejo enteros es cuando se involucran exponentes y sobre todo en el caso de las funciones cuadráticas en donde el término de “a” fue negativo, en general el manejo del plano cartesiano y coordenadas fue correcto, excepto nuevamente cuando se tenían que representar coordenadas con números no enteros si no fraccionarios, únicamente 2 alumnos de todos los grupos realizaron esta representación, también encontré que los únicos casos en los que observé insuficiencias de conocimientos, habilidades y actitudes fue en los alumnos que no se presentaron a diversas sesiones, principalmente en las sesiones de retroalimentación, correcciones y dudas, que además no entregaron diversas actividades, a consecuencia se observa en las actas de calificaciones finales que las notas o fueron aprobatorias o No presentó.

En conclusión, los alumnos que asistieron a las sesiones y que realizaron las actividades correspondientes fueron alumnos que alcanzaron a acreditar la asignatura respectiva y que además por medio de los productos o actividades revisadas observo que desarrollaron realmente los conocimientos, habilidades y actitudes, en comparación de los alumnos que no cumplen o cuentan con estos elementos, es importante también comentar el gran apoyo y la buena aportación de las herramientas de gamificación, las cuales fueron de gran apoyo para que la estrategia en su aplicación resultara más dinámica, interactiva y con gran participación en lluvia de ideas participaron la mayoría de los alumnos y considero que también aportó para que el aprendizaje fuera significativo y en la motivación de los alumnos, es importante men-

cionar que se identificaron escasas dudas, las respuestas de los alumnos a los ejercicios fueron correctas y hubo gran participación y entusiasmo, identifiqué que la solución, procedimientos y resultados fueron correctos en la gran mayoría de los alumnos.

## Referencias

Camargo, U., Á. & Hederich, M., Ch. (2010). Jerome Bruner: Dos teorías cognitivas, dos formas de significar, dos enfoques para la enseñanza de la ciencia. Universidad Simón Bolívar Colombia. Consultado el 24 de julio del 2021 en: [file:///C:/Users/acer/Downloads/Dialnet-JeromeBruner-6113906%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/acer/Downloads/Dialnet-JeromeBruner-6113906%20(1).pdf)

Cesca, P. (s/f). La Mediación Cognitiva. Un Estilo de Aprendizaje para Enseñar a Pensar. Obtenido en la red el 19 de julio del 2021 en:

[http://www.delasallesuperior.edu.ar/biblioteca/mediacion\\_cognitiva\\_noveduc.pdf](http://www.delasallesuperior.edu.ar/biblioteca/mediacion_cognitiva_noveduc.pdf)

Colegio de Ciencias y Humanidades. (1996). Plan de estudios. Recuperado el 2 de julio del 2021 de: <https://www.cch.unam.mx/sites/default/files/actualizacion2012/Plan1996.pdf>

Colegio de Ciencias y Humanidades. (2006). Sentido y orientación del área.

Colegio de Ciencias y Humanidades. (2018). Portal del Colegio de Ciencias y Humanidades. Misión y Filosofía. Recuperado el 2 de julio del 2021 de: <http://www.cch.unam.mx/misionyfilosofia>

Colegio de Ciencias y Humanidades (2021) Cuadernillo de Orientaciones 2021-2022. Consultado el 12 de julio del 2021 en: [Cuadernillo de Orientaciones 2021-2022 | Colegio de Ciencias y Humanidades \(unam.mx\)](#)

Churches, A. (2020). Taxonomía de Bloom en la era digital. Consultado el 19 de junio del 2020 en <http://eduteka.icesi.edu.co/articulos/TaxonomiaBloomDigital>

Díaz Barriga, F. & Rojas, G. (2002). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo. Ed. Mc Graw Hill, 2ª. Edición. Consultado el 1 de agosto del 2021 en <https://buo.org.mx/assets/diaz-barriga%2C---estrategias-docentes-para-un-aprendizaje-significativo.pdf>

Escuela Nacional Colegio de Ciencias y Humanidades. (2016). Programa de Estudios de Matemáticas Semestres I al IV.

González, F. M. O. & Huerta, G. P. (2019). Experiencia del aula invertida para promover estudiantes prosumidores del nivel superior. Universidad de Guadalajara, México. RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia. Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia. 22(2). Consultado el 5 de julio del 2021 en <https://www.redalyc.>

[org/jatsRepo/3314/331460297013/html/index.html](http://org/jatsRepo/3314/331460297013/html/index.html)

López, V., O. & Hederich, M., Ch. (2010). Efecto de un andamiaje para facilitar el aprendizaje autorregulado en ambientes hipermedia. *Revista Colombiana de Educación*. *Revista Colombiana de Educación*, núm. 58. Consultado el 24 de julio del 2021 en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=413635664002>

Organización de las Naciones Unidas. (2020). Brote de enfermedad por coronavirus (COVID-19). Consultado el 7 de agosto del 2021 en <https://www.onu.org.mx/publicaciones/sitio-web-coronavirus-covid-19/>

Pinto, S., A., R., Díaz, C., J. & Alfaro, C., C. (2016). Modelo Espiral de Competencias Docentes TIC TAC TEP aplicado al Desarrollo de Competencias Digitales. *Revista Educativa Hekademos*. Consultado el 22 de julio del 2021 en <file:///C:/Users/acer/Downloads/Dialnet-ModeloEspiralDeCompetenciasDocentesTICTACTEPAplica-6280715.pdf>

Rappoport, S., Rodríguez, T. M. S. & Bressanello, M. (2020). Enseñar en tiempos de COVID-19: una guía teórico-práctica para docentes. Consultado el 28 de julio del 2020 en <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373868>

Rojas, R., J. (s/f). El Aprendizaje Colaborativo: Estrategias y habilidades. Consultado el 2 de agosto del 2021 en [https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/41737/Rojas\\_Robles%2C\\_Jos%C3%A9\\_Mar%C3%ADA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/41737/Rojas_Robles%2C_Jos%C3%A9_Mar%C3%ADA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Suárez, M. (2000). Las corrientes pedagógicas contemporáneas y sus implicaciones en las tareas del docente y en el desarrollo curricular. *Dialnet*, 9(1), 42-51. Consultado el 12 de julio del 2021 en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2973287>

Tecnológico de Monterrey. (2016). Gamificación. Consultado el 2 de agosto del 2021 en: <https://observatorio.tec.mx/edutrendsgamificacion>

UNAM. (1971). Gaceta amarilla. Órgano Informativo de la universidad.

UNAM. (2020). Evaluación del y para el aprendizaje a distancia. Primera Edición, Ciudad Universitaria, Ciudad de México

Vygotsky, L., S. (1995). Pensamiento y lenguaje. Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas. Consultado el 17 de agosto del 2021 en <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2015/10/Pensamiento-y-Lenguaje-Vigotsky-Lev.pdf>

# EL TIEMPO, UN RECURSO NO RENOVABLE

Patricia Vilchis Esquivel\*<sup>1</sup>, Verónica Vilchis Esquivel<sup>2</sup>, Gloria Ortega Santillán<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma del Estado de México,  
[pvilchise@uaemex.mx](mailto:pvilchise@uaemex.mx)

<sup>2</sup>Plantel "Ignacio Ramírez Calzada" de la Escuela Preparatoria, Universidad Autónoma  
del Estado de México, [vvilchise@uaemex.mx](mailto:vvilchise@uaemex.mx)

<sup>3</sup>Facultad de Medicina, Universidad Autónoma del Estado de México, [gortegas@uaemex.mx](mailto:gortegas@uaemex.mx)

## Resumen

El tiempo como eje toral de las actividades humanas, traspasa conceptos que permiten su propia definición. Si bien es un recurso no renovable, no siempre se tiene amplia consciencia de su administración y uso, de ahí que no se le adjudique el valor que tiene. Las personas no siempre acostumbran a planear objetivos, tareas y actividades de manera oportuna, razón por la cual, tampoco tienden a llevar un registro puntual de programaciones y plazos que permitan el establecimiento de prioridades a favor de los resultados. No hay una clara distinción de funciones y espacios, es común mezclar actividades laborales con otras personales y familiares. El periodo de la pandemia abonó a dicha mezcla, ya que las condiciones especiales en torno al confinamiento para atender los protocolos de salud, pusieron en marcha soluciones virtuales y digitales en distintas en áreas de la vida laboral, académica, familiar y social, entre las más importantes, que si bien evitaron un colapso en esferas como la salud, la economía, la educación, la cultura y la socialización, también difuminaron las líneas que dividían los roles, permitiendo la mezcla de actividades de diferentes tipos que, han pasado por alto los espacios y los tiempos, situación que refuerza la complejidad del uso de este último. El objetivo del presente trabajo identifica cómo se organiza y distribuye el tiempo en relación con las actividades, metas y objetivos personales y profesionales. Por su parte, La incorrecta administración del tiempo a nivel personal, puede traer consigo consecuencias desfavorables para la salud, la saturación de actividades y la desorganización del

tiempo, encaminan al estrés, al agotamiento mental, al burnout, por tal motivo, es indispensable procurar la administración del tiempo para hacer un uso más efectivo y, así, cumplir con eficacia objetivos y metas.

**Palabras clave:** tiempo, organización, administración, recurso no renovable

---

## Antecedentes

El tiempo es un recursopreciado en supremacía. Abordar el tema desde la perspectiva teórico – histórica, evidencia conceptos y vínculos que se han ido construyendo en función de las propuestas de físicos, teólogos, matemáticos y filósofos, entre otros. Se registra su relación con el espacio, la velocidad, la posición y el movimiento, de los que se ha valido su conceptualización. Grandes teóricos como Santo Tomás de Aquino y Platón, que plantearon la idea de la medición del tiempo; por su parte, Aristóteles e Isaac Newton, expusieron sus opiniones respecto al tiempo absoluto, es decir, sostuvieron que era posible medir el intervalo de tiempo entre dos acontecimientos y que el resultado de tal medición, sería el mismo para todos, independientemente de quién lo midiera (Hawking, p.23); sin embargo, para 1905, la teoría general de la relatividad de Albert Einstein (Gutiérrez, 2020), finiquitó la idea del tiempo absoluto,

En otras palabras, ¡la teoría de la relatividad acabó con la idea de un tiempo absoluto! Cada observador debe tener su propia medida del tiempo, que es la que registraría un reloj que se mueve junto a él, y relojes idénticos moviéndose con observadores diferentes no tendrían por qué coincidir (Hawking, 1988, p.25-26).

De manera que, aseveraron que cada persona puede tener una propia medida del tiempo y, ninguna es más correcta que otra, pues atiende a factores también relativos, como la velocidad, aduciendo así, la relatividad del tiempo (Hawking, 1988).

En el marco de la concepción física del tiempo, el ser humano rige sus actividades

en función de éste; el cumplimiento de objetivos, la ejecución de tareas, los retrasos, la puntualidad, los compromisos adquiridos, los plazos, etc., convergen en él. Como eje toral, es factor determinante en la vida de una persona, no obstante, no siempre se es consciente de su administración y uso, muchas veces, se termina por “matar el tiempo” o “dejar pasar el tiempo”, restando importancia al hecho de que “el tiempo es oro” y, la citada declaración “no tengo tiempo” o “lo haré cuando tenga tiempo”, sirve de excusa, argumentación y justificación, según se requiera.

Dada la relatividad del tiempo y la relevancia de su gestión, es pertinente señalar que, las condiciones durante la pandemia y ahora en la pospandemia -si podemos nombrarla así- han dispuesto condiciones distintas en áreas de la vida, laborales, académicas, administrativas, familiares, sociales, entre las más importantes; si bien en cierto que la virtualidad y la digitalización evitaron un colapso en esferas como la salud, la economía, la educación, la cultura y la socialización, entre otras, algunas prácticas se han sostenido y la línea que podría dividir a unas de otras, se diluye y permite la mezcla de actividades laborales, educativas y familiares, pasando por alto los espacios y los tiempos, situación que refuerza la complejidad del uso de este último.

## **Objetivo**

El presente trabajo tuvo como objetivo identificar cómo se organiza y distribuye el tiempo en relación con las actividades, metas y objetivos personales y profesionales, para reevaluar su importancia por tratarse de un recurso no renovable frente a la temporalidad de los seres humanos.

## **Parte experimental (u otro título similar si es más descriptivo de lo presentado)**

Dado que el objetivo del presente trabajo tuvo a bien identificar cómo se organiza y distribuye el tiempo en relación con las actividades, metas y objetivos personales y profesionales, para ello, se empleó un instrumento de 33 preguntas (proveído por Marchena, Hervías, Galo y Rapp, 2009), encaminadas a transitar hacia el cumplimiento del objetivo. Se realizó en Google forms y se distribuyó a través de un enlace electrónico. La respuesta fue de 162 cuestionarios contestados, por personas con un rango de edad que va de los 16 a los 68 años.

Del total de los cuestionarios respondidos, 93 de ellos, corresponden a mujeres y 69 a hombres. Todos fueron contestados de manera aleatoria, dado que, se hizo la solicitud de participación, sin embargo, la decisión de participar fue voluntaria.

## Resultados y discusión

A continuación, los resultados del trabajo, la tabla concentra las respuestas por ítem, en una escala en donde 0 es nunca; 1, a veces; 2, frecuentemente; y 3, siempre.

**Tabla 1. Preguntas por ítem**

3. Soy plenamente consciente de a qué dedico mi tiempo diariamente. (0 punto)

Más detalles

0	6
1	31
2	72
3	53



4. Registro por escrito mis metas y objetivos personales y académicos. (0 punto)

Más detalles

0	51
1	57
2	39
3	15



5. Dedico periódicamente algún tiempo a reflexionar sobre el futuro. (0 punto)

Más detalles

0	8
1	52
2	56
3	46



6. Suelo anticipar y realizar previsiones. (0 punto)

Más detalles

0	9
1	43
2	84
3	26



7. Planifico y programo mi trabajo por escrito. (0 punto)

Más detalles

0	37
1	54
2	50
3	21



8. Llevo siempre la agenda conmigo y la consulto habitualmente. (0 punto)

Más detalles

0	64
1	51
2	24
3	23



9. Reviso a diario la programación de mi tiempo y mis actividades. (0 punto)

Más detalles

0	32
1	61
2	39
3	30



10. Me marco plazos para realizar las tareas y posteriormente los cumplo. (0 punto)

Más detalles

0	10
1	53
2	63
3	36



11. Tengo claramente establecidas mis prioridades. (0 punto)

Más detalles

0	5
1	25
2	71
3	61



13. Voy abordando las tareas por orden, según su importancia. (0 punto)

Más detalles

0	5
1	26
2	51
3	80



15. Evito las interrupciones, o acorto en lo posible su duración. (0 punto)

Más detalles

0	15
1	68
2	68
3	11



17. Durante mi tiempo libre me relajo, aparco los problemas y las preocupaciones. (0 punto)

Más detalles

0	13
1	46
2	49
3	54



19. Intento respetar escrupulosamente el tiempo de los demás. (0 punto)

Más detalles

0	1
1	25
2	56
3	80



21. Aprovecho los tiempos de espera, los viajes y los desplazamientos. (0 punto)

Más detalles

0	7
1	38
2	75
3	42



12. Sé identificar las actividades críticas que determinan los resultados. (0 punto)

Más detalles

0	6
1	41
2	70
3	45



14. Me concentro con facilidad. (0 punto)

Más detalles

Información

0	18
1	68
2	63
3	13



16. Reservo un tiempo diario para trabajar sin ser interrumpido. (0 punto)

Más detalles

0	21
1	54
2	64
3	23



18. Aprovecho las horas de sueño para descansar lo suficiente. (0 punto)

Más detalles

0	17
1	44
2	51
3	50



20. Casi siempre llego con puntualidad a las citas. (0 punto)

Más detalles

0	8
1	30
2	65
3	59



22. Tomo decisiones con facilidad. (0 punto)

Más detalles

0	13
1	44
2	71
3	34



23. Paso a la acción. (0 punto)

Más detalles



24. Resuelvo los asuntos en el momento, evitando aplazarlos. (0 punto)

Más detalles



25. Termino las tareas; procuro evitar dejarlas a medias. (0 punto)

Más detalles



26. Realizo un trabajo de calidad sin llegar a caer en el perfeccionismo. (0 punto)

Más detalles



27. No tengo dificultad para decir "no" cuando es necesario. (0 punto)

Más detalles

Información



28. Delego algunas actividades en otras personas. (0 punto)

Más detalles



29. Organizo y coloco cada cosa en su lugar, y las encuentro con facilidad. (0 punto)

Más detalles



30. Dispongo de un sistema de archivo y localizo rápidamente los documentos. (0 punto)

Más detalles



31. Tengo organizado mi material de trabajo y mi mesa de estudio. (0 punto)

Más detalles



32. Dispongo de suficiente tiempo para dedicarlo a mi familia, amistades, ocio. (0 punto)

Más detalles



74 respuestas, poco menos de la mitad de quienes contestaron el cuestionario, señalan que frecuentemente son plenamente conscientes de a qué actividades dedican su tiempo (pregunta 3).

Respecto a la programación y registro de actividades y al uso de una agenda, 57 respuestas dan cuenta de que, solo a veces, hacen el registro escrito de metas y objetivos personales y académicos (pregunta 4); 55 personas dijeron que, a veces, planifican y programan su trabajo por escrito (pregunta 7); a quienes se les preguntó si llevaban siempre la agenda con ellos y la consultaban habitualmente (pregunta 8), 65 de ellos dijeron que nunca y, 52, que a veces; respecto a la revisión diaria de la programación de su tiempo y actividades, 63 personas afirmaron que lo hacen solo algunas veces.

Quienes señalaron dedicar tiempo a reflexionar sobre el futuro (pregunta 5), 57 personas, señalaron que lo hacían frecuentemente; mientras que 86 de las 162, apuntaron que, frecuentemente, solían anticipar y realizar previsiones (pregunta 6). Con relación a marcar plazos para realizar las tareas y, posteriormente, cumplirlas (pregunta 10), 64 dijeron que lo realizaban frecuentemente; en tanto que, tener claramente establecidas las prioridades (pregunta 11), 73 respuestas decantaron por frecuentemente; y si de reservar un tiempo diario para trabajar sin ser interrumpido, se trata, (pregunta 16), 65 personas contestaron que era frecuente; en esta misma categoría se preguntó si terminaban las tareas procurando no dejarlas a la mitad (pregunta 25), igual que en las respuestas anteriores, la opción con mayor registro, fue frecuentemente, con 64.

En la agrupación de preguntas sobre la organización (preguntas 21, 29, 30 y 31), 76 personas aseveraron que, frecuentemente, aprovechan los tiempos de espera, los viajes y los desplazamientos; y coinciden las respuestas de frecuentemente, respecto a la organización de objetos en su lugar respectivo para encontrarlos con facilidad, 67 de ellas; sobre disponer de un sistema de archivo para localizar rápidamente documentos, 57 lo afirmaron; y respecto a tener organizado el material de trabajo y la mesa de estudio, 60 lo aseveraron.

Frente a las preguntas en torno a la dedicación al tiempo libre para relajarse, aparcar los problemas y las preocupaciones, 54 personas respondieron que lo hacían siempre; sobre aprovechar las horas de sueño para descansar lo suficiente, 52 dijeron que lo hacían frecuentemente; y, relacionado con disponer e suficiente tiempo para dedicarlo a la familia, amistades, ocio, 65, apuntaron que lo atendían frecuentemente. Referente a la identificación de actividades críticas que determinan los resultados (pregunta 12), 72 respuestas se inclinaron por, frecuentemente; abordar las tareas

por orden, según su importancia (pregunta 13), 82, señalaron que, siempre; y para resolver asuntos en el momento, evitando aplazarlos (pregunta 24), la respuesta que predominó fue, frecuentemente, con 73 personas.

Ante la pregunta (14) para saber si se concentra con facilidad, 69 respondieron que, a veces; sobre evitar las interrupciones o acortar su duración (pregunta 15), 69 dijeron que, a veces, y otros 69, señalaron que frecuentemente; intentar respetar el tiempo de los demás (pregunta 19), 81, afirmaron que siempre; sobre llegar puntuales, 67 personas sostuvieron que con frecuencia lo hacen; tomar decisiones con facilidad (pregunta 22), no se les dificulta a 72 de ellos, lo hacen con frecuencia; pasar a la acción (pregunta 23), es sencillo para 74 personas, lo hacen frecuentemente; realizar un trabajo de calidad sin llegar a caer en la perfección (pregunta 26), 76, lo realizan frecuentemente; 56 personas, a veces, no tienen dificultad para decir “no” cuando es necesario (pregunta 27),y, finalmente, delegar algunas actividades en otras personas (pregunta 28), 65 lo hacen con frecuencia.

En su libro *La Trampa del Tiempo*, Alec Mackenzie (1997), sostiene que el problema de la falta de tiempo del lector, es él mismo, ya que es él quién dispone y controla el tiempo invertido en las actividades que decide realizar.

La incorrecta administración del tiempo a nivel personal, puede traer consigo consecuencias desfavorables para la salud, la saturación de actividades y la desorganización del tiempo, encaminan al estrés, al agotamiento mental, al burnout

El síndrome de Burnout (SB) o también conocido como síndrome de desgaste profesional, síndrome de sobrecarga emocional, síndrome del quemado o síndrome de fatiga en el trabajo fue declarado, en el año 2000, por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como un factor de riesgo laboral, debido a su capacidad para afectar la calidad de vida, salud mental e incluso hasta poner en riesgo la vida del individuo que lo sufre (Saborío e Hidalgo, 2015. Párr. 1)

Por ello, es indispensable procurar la administración del tiempo para hacer un uso más efectivo y, así, cumplir con eficacia objetivos y metas.

## Conclusiones

Los beneficios de la planificación del tiempo se extienden a áreas laborales, familiares, sociales y personales. En el espacio laboral, el cumplimiento de actividades, tareas y objetivos, de manera oportuna, las ventajas pueden ir desde la mejoría de la reputación profesional, evitar la procrastinación, promociones de categorías, mejoría en la percepción económica, visibilidad en ambientes laborales más amplios, en general, se crean las condiciones para tomar mejores decisiones y mejorar la calidad de vida. La finalidad del trabajo se cumple al demostrar la importancia del uso del tiempo, al provocar la reconsideración de su valor como un capital que precisa de aprendizaje para gerenciarlo, al promover la adquisición de herramientas que hagan viable su administración, al inducir a la reflexión sobre la necesidad de espacios en los que se atiendan las áreas que ocupan la vida de una persona, de manera equitativa, razonable, en su justa proporción.

Si se consigue la organización y administración del tiempo a nivel personal, se replicará en otras esferas “Su manejo adecuado garantiza no solo el orden personal, sino el de las empresas, las familias, las instituciones y las sociedades en general” (Pérez, 2016, p. 201), se propone atacar el problema de raíz, justo en la aportación de Mackenzie (1997), al afirmar que el problema es el mismo gestor del tiempo.

Y vale tal consideración, si se estima la vida a partir del valor del tiempo como un recurso no renovable, en contraparte de la temporalidad de los seres humanos y en la transitoriedad de la vida.

## Referencias

- Álvarez, D., Lobo, G. (2020). El Tiempo, uso y abuso. *Información Tecnológica* – Vol. 31 N° 2 – 2020.
- Gutiérrez, R. (2020). 105 años de la teoría de la relatividad general, de Albert Einstein *UNAM Global de la comunidad para la comunidad*, noviembre 23, 2020.
- Hawking, S. (1988). Historia del Tiempo: Del Big Bang a los Agujeros Negros. Recuperado de: <chrome-extension://efaidnbnmnibpcjpcglclefindmkaj/http://jfk.edu.ec/jfk/images/librospdf/Stephen-Hawking---Historia-del-Tiempo-1-44.pdf>
- Mckenzie, A. (1997). La Trampa del Tiempo.
- Pérez, J. (2016). La administración del tiempo: una prioridad en la vida. *Revista de la Universidad de La Salle* alle Volume 2016 Number 69 Article 12 January 2016.
- Saborío Morales, Lachiner, & Hidalgo Murillo, Luis Fernando. (2015). Síndrome de Burnout. *Medicina Legal de Costa Rica*, 32(1), 119-124. Retrieved October 31, 2022, from [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1409-00152015000100014&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1409-00152015000100014&lng=en&tlng=es).

# ACCIONES PARA ALCANZAR LA EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, UNA APROXIMACIÓN

*Raúl Alberto López Meraz<sup>1</sup>, Óscar Fernando López Meraz<sup>2\*</sup>, Eduardo Castillo González<sup>1</sup>, Miguel Ángel Baltazar Zamora<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Unidad de Ingeniería y Ciencias Químicas, Zona Xalapa, Universidad Veracruzana, [raullopez03@uv.mx](mailto:raullopez03@uv.mx), [educastillo@uv.mx](mailto:educastillo@uv.mx)

<sup>2</sup>Escuela Normal Superior Veracruzana "Dr. Manuel Suárez Trujillo" [sthi2009m@gmail.com](mailto:sthi2009m@gmail.com)

<sup>3</sup>Facultad de Ingeniería Civil, Zona Xalapa, Universidad Veracruzana, [mbaltazar@uv.mx](mailto:mbaltazar@uv.mx)

## Resumen

Actualmente, la educación debe, como derecho fundamental y como responsabilidad del Estado en sus fases iniciales, sumar transversalmente conceptos, prácticas, procedimientos y valores sustentables. Lo anterior facilitaría relaciones más justas entre los seres humanos, y entre éstos y la naturaleza. Por supuesto, las transformaciones deben estar en sintonía en la medida de lo posible con organismos internacionales y sus propuestas, sin embargo, sería más importante reconocer e identificar las necesidades regionales y locales, valorar las prácticas comunitarias, construir propuestas viables de formación y actualización del magisterio, entre otras cosas. La escuela podría construir sus propios procesos formativos-productivos con una mirada sustentable. De este modo la participación de los agentes educativos resulta impostergable a la hora de construir propuestas relacionadas con esta metamorfosis hacia la educación para el desarrollo sostenible (EDS). La propuesta planteada busca desarrollar la conciencia sostenible/sustentable, siendo un paso muy grande en el reconocimiento y reflexión del presente.

**Palabras clave:** conciencia social; educación sostenible en México; objetivos desarrollo sostenible; problemática sustentable; racionalidad ambiental.

## Antecedentes

### Contexto sobre el Desarrollo Sustentable

El proyecto moderno, centrado en la sobreproducción y excesivo consumo, provocó la degradación del medio ambiente. Razón, progreso, ciencia, capitalismo, entre otros conceptos claves impuestos por el Occidente desarrollado a gran parte del mundo durante los siglos XIX y XX, como consecuencia de diferentes tipos de colonialismo, provocaron un excesivo extractivismo y una enorme desigualdad por medio de diferentes mecanismos violentos, entre los que no faltaron la justificación de la dominación en nombre de la razón, de la fe (judeocristiana, por supuesto), y de la pigmentación de la piel.

El avance del progreso moderno, criticado desde el siglo XIX por corrientes como el romanticismo, se vio más analizado y reflexionado después de la segunda guerra mundial. Fue, entonces evidente la destrucción y el horror provocado por la ciencia, la tecnología y la técnica construidas por las manos blancas. Así lo analizó, sólo por mencionar un ejemplo, la Escuela de Frankfurt (Horkheimer, Adorno, Marcuse, etcétera). Las pruebas sobre el deterioro ambiental y sus consecuencias sociales, políticas, económicas y culturales no aparecieron de la nada.

En 1972 se dio la primera reunión sobre el Medio Ambiente Humano, la cual fue significativa porque ahí se denunció por primera vez la crisis ambiental. Tres años después, con la Carta de Belgrado se aceptó la necesidad de la protección ambiental, pero habría que esperar hasta 1987 para que la Organización de las Naciones Unidas (ONU), por medio de la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo (CMMAD), reconociera el problema de la sobreexplotación de los recursos naturales, por medio de la publicación del Informe Nuestro Futuro. Este documento, también llamado Reporte Brundtland, aceptó la urgencia de la atención del cuidado del planeta, para lo cual se hizo un llamado para la participación política de actores nacionales e internacionales. Sin duda, uno de los aportes de ese Informe fue el concepto de “desarrollo sostenible” entendido como aquel que: satisface las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones (ONU, 1987). Se observan con claridad dos cosas: la satisfacción del presente pensando en el futuro, y una pregunta implícita: ¿cómo seguir sin poner en riesgo a las siguientes generaciones? Se inició a considerar tres ejes para alcanzar la meta del Reporte, a saber: lo económico, lo social, y lo ambiental. No se pretendió abandonar por completo el sistema capitalista,

sino construir condiciones que reduzcan los avasalladores efectos negativos de la modernidad capitalista e individualista.

El interés internacional por lo sostenible se ha traducido en diferentes declaraciones como las de Río de Janeiro (1992 y 2012) y la de Johannesburgo (2002). Como consecuencia de éstas, se construyeron la Agenda 21, con principios orientadores y el trazado de una ruta para el desarrollo sostenible, y un plan de implementación más acabado. Debido a que el desarrollo sostenible propone un nuevo acercamiento diferente entre seres humanos y naturaleza, resultó necesario construir un documento axiológico que diera un marco ético, y de esta manera surgió la Carta de la Tierra, en 2003. En este sentido, cobra relevancia la idea de Boff sobre los valores: “Los valores no se dicen, se viven. Se da testimonio de ellos en gestos ejemplares, vividos y sufridos. Ellos son los que convencen y cautivan. Y, a través de ellos, el pensamiento se deja provocar” (1998, 9).

Pese a los esfuerzos internacionales por colocar a lo sostenible como parte central de las agendas políticas, será hasta la construcción de la Agenda 2030, aprobada en 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, cuando es posible reconocer una visión diferente sobre la sostenibilidad en las dimensiones económica, social y ambiental. Fue firmada por 193 Estados, y en ella se establecieron 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS) y 169 metas.

Los primeros pueden contemplarse como una herramienta de planificación y seguimiento utilizada en diferentes niveles, como el local o el nacional. El objetivo de los ODS es facilitar el tránsito hacia un desarrollo sostenido caracterizado por la inclusión y la armonía social ancladas en un medio ambiente saludable bajo un esquema de monitoreo presupuestal y evaluación (ONU, 2018).

## **Educación para el desarrollo sostenible en el marco internacional**

Desde que se dio la construcción del concepto de desarrollo sostenible se identificó como un elemento central para alcanzarlo la transformación educativa. Tal vez, el primer antecedente sobre esto, a nivel global, fue el Marco “Educación Ambiental”, construido en la Reunión Mundial de Estocolmo, en 1972. Aquí se informó sobre la necesidad de un nuevo código de valores que permitiera nuevas relaciones entre la naturaleza y los seres humanos. No menos relevante fue la Conferencia de Tbilisi, de 1978, en donde la Unesco afirmó la educación ambiental como protagónica, pero desde una mirada mucho más amplia donde participara una vena social, una científica

interdisciplinar, la conexión escuela-comunidad (Calixto, 2012), entre otros elementos poco reconocidos como pertinentes para atender lo que desde esa década ya se observaba como alarmante: la crisis ambiental.

De acuerdo con Mckeown (2002), la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS) fue descrita por primera vez en el Capítulo 36 del Programa 21 (ONU, 2000). En este documento se identificaron cuatro procesos para el trabajo con la EDS, a saber: 1. Mejorar la educación básica, 2. Reorientar la educación existente para abordar el desarrollo sostenible, 3. Desarrollar el entendimiento y conciencia pública, y 4. Ofrecer capacitación para fortalecer una conciencia ambiental. Cada uno de estos puntos requiere acciones específicas que hacen evidente la complejidad de la EDS.

Por ejemplo, para el punto 1, el reconocimiento de la educación de calidad debería sumar a la EDS, pero diferenciándola de otros esfuerzos como la educación ambiental y/o la demográfica. Por otro lado, para abonar el logro del proceso 2 sería fundamental no sólo concentrarse en la Educación Básica, sino ampliarse a otros niveles como el Medio Superior, y el Superior, desde donde se podrían orientar los programas académicos hacia la sostenibilidad, en un momento en el que se están formando los futuros tomadores de decisiones. No menos importante resulta informar y atender al gran público, para lo cual se necesitaría desarrollar proyectos de divulgación donde políticos, especialistas, autoridades educativas y organizaciones civiles se asocien. Por último, avanzar en la capacitación que permita mejorar el uso y el acatamiento de regulaciones ambientales, de salubridad y/o de seguridad sí podría dirigirse también a una consolidación de una conciencia ambiental.

## **Objetivo**

Proponer desde la escuela, en los niveles medio superior y superior, procesos formativos-productivos (actividades) para fortalecer el acercamiento de los alumnos al desarrollo sostenible.

## **Metodología**

Más allá de los debates sobre el significado de la sostenibilidad, la pertinencia o no de lo sustentable, o si las dos cosas son asequibles, o las características y las funciones que debería tener una sociedad sostenible, o incluso por qué los docentes no participen de manera más activa en la construcción de programas dirigidos a la EDS, entre

tantas otros temas, coincidimos con Mckeown (2002) en que actualmente debido a la coyuntura social-ambiental y climática se precisa de acciones que rebasen lo teórico. Se tomará como base el diagnóstico construido por Charles Hopkins para la EDS (citado por Mckeown, 2002), para desarrollar las acciones que nos parecen pertinentes y viables de acuerdo con la identificación de la problemática ya mencionada.

### **1. Incrementar la Conciencia: La EDS es Esencial**

Acción: Construcción de foros con académicos, representantes de la sociedad civil, autoridades educativas y ambientales.

Objetivos: 1. Informar y reflexionar sobre sostenibilidad y calidad de vida, la necesidad de vincular la educación con la sostenibilidad, ética ambiental, productividad ecológica, racionalidad ambiental, desarrollo sostenible, autosuficiencia alimentaria, así como temas sociales relacionados con la pobreza, la migración, la desigualdad, la (in) justicia, la discriminación. 2. Fortalecer una conciencia ambiental/histórica sobre los problemas actuales relacionados con las esferas económica, social y ambiental.

Requisitos: Gestionar y desarrollar lazos interinstitucionales con diferentes actores políticos, educativos, culturales, sociales y económicos.

### **2. Estructurar y Colocar la EDS en los Planes de Estudio**

Acción: Construcción de un nuevo curso sobre EDS, proponiendo que se incluya en los nuevos planes de estudio.

Objetivo: Sumar a la malla curricular obligatoria un programa sobre EDS para que ésta sea incluida en la formación inicial de los futuros profesionistas.

Requisitos: Construir academias internas interdisciplinarias para elaborar una propuesta con valor social, cultural, político, económico, y ambiental desde la gran heterogeneidad de perfiles de los profesores.

### **3. Relacionar la Sostenibilidad con Temas Actuales: Reforma Educativa y Viabilidad Económica**

Acción: Desarrollar jornadas para conocer experiencias locales, regionales, nacionales e internacionales donde se comunique el DS y la EDS, principalmente eco-escuelas, campus ecológicos, y movimientos sociales relacionados con esos temas.

Objetivo: Fortalecer la conciencia sustentable desde el reconocimiento de las acciones de sujetos históricos diversos.

Requisitos: Construir puentes entre activistas con diferentes tipos de experiencias en lo sostenible, la EDS y la comunidad del nivel educativo media superior (MS) e instituciones de educación superior (IES) para aprender de ellas.

#### **4. Enfrentar la Complejidad del Concepto de Desarrollo Sostenible**

Acción: Organizar un seminario-taller donde se reflexione y trabaje el concepto de DS y EDS, principalmente para identificar cómo se han “aterrizado” a proyectos específicos.

Objetivo: Motivar la reflexión y la acción de los integrantes de las comunidades MS e IES para perfilar decisiones conjuntas en beneficio del medio socio-ambiental.

Requisitos: Identificar quiénes podrían ser los colaboradores para el desarrollo del seminario y encontrar los escenarios presenciales/virtuales más propicios, así como construir las dinámicas que permitan una interrelación más directa, clara y propositiva entre los participantes.

#### **5. Desarrollar un Programa de EDS con Participación de la Comunidad**

Acción: Realizar una reunión que incluya representantes de los niveles educativos y de organizaciones civiles para construir una propuesta dirigida a atender la problemática del agua, la recolección y tratamiento de residuos sólidos urbanos (RSU), la deforestación, etcétera, para mejorar las condiciones de calidad de vida y sustentabilidad.

Objetivo: Integrar a los actores para combatir la deforestación, desarrollar prácticas en pro del recurso agua y cambiar/optimizar las prácticas en la disposición de residuos sólidos urbanos (RSU).

Requisitos: Poner en práctica los elementos teóricos/conceptuales, reflexionar sobre prácticas exitosas en otros contextos con los mismos o parecidos intereses, y tomar decisiones sobre los tiempos, los participantes, los recursos, los materiales, entre otras cosas.

## 6. Insertar Disciplinas Tradicionales en un Marco Interdisciplinario

**Acción:** Desarrollar tertulias donde los conocimientos no formales relacionados con valores y prácticas sostenibles/sustentables de la comunidad se conozcan y se puedan sumar para el mejoramiento de las condiciones del medio ambiente.

**Objetivo:** Construir estrategias sin un sentido extractivista que recuperen conocimientos y prácticas tradicionales relacionados con el marco interdisciplinario presente entre los profesores, alumnos y sociedad en general de acuerdo con sus especialidades desde una posición transversal. A su vez, comunicar acciones tradicionales como la práctica docente con las nuevas disciplinas que intentan comprender la docencia desde otras miradas, como las neurociencias.

**Requisitos:** Identificación de conocimientos y prácticas tradicionales de los integrantes de la comunidad. Construir ambientes propicios para el intercambio de experiencias y conocimientos.

## 7. Compartir la Responsabilidad

**Acción:** Diagnosticar y reflexionar cuáles son las causas que han originado los problemas sustentables/sostenibles que se presentan en la comunidad, como la deforestación, la inseguridad, la migración, la pobreza, la falta/insuficiencia de servicios, etcétera.

**Objetivo:** Reconocer el contexto en el que se insertan los diferentes actores que participan como paso previo para reconocer cuáles son sus responsabilidades tanto en la profundización de los problemas como en sus soluciones.

**Requisitos:** Desarrollar, por medio de un muestreo no probabilístico, mediciones de la huella ecológica, comprender procesos histórico-sociales y político-económicos que han contribuido a la generación de las problemáticas presentes.

## 8. Construir la Capacidad Humana

**Acción:** Construcción de un video educativo donde se muestren las acciones propuestas en este texto para observar cómo la capacidad humana ha permitido dos cosas: destruir y generar desigualdades, entre otras cosas, con un trasfondo negativo para la sustentabilidad, y proponer-solucionar condiciones diversas desde el reconocimiento

de la interculturalidad, la comprensión de un presente complejo, y el desarrollo de acciones pertinentes para su mejora.

Objetivo: Socializar la experiencia documentada de esta propuesta con diferentes integrantes de la sociedad civil y las comunidades educativas de diferentes niveles.

Requisitos: Recolectar evidencias audiovisuales, gráficas, orales y escritas del proceso desarrollado para llevar a cabo la propuesta sugerida y construir colaborativamente un video educativo.

## **9. Desarrollar los Recursos Financieros y Materiales**

Acción: Gestionar la colaboración con autoridades educativas locales, estatales y nacionales, así como de autoridades del sector salud, ambiental, o de instancias que atienden los problemas sociales en los tres órdenes (federal, estatal y municipal) para buscar la donación de recursos financieros y materiales, pero también incorporar esta iniciativa en un proyecto específico.

Objetivo: Hacer partícipe a todas las autoridades competentes para atender el tema del DS para fortalecer e insertar esta propuesta en la EDS, para que en la medida de lo posible la sociedad pueda acceder a financiamiento para atender los gastos de diseño, construcción, aplicación, mantenimiento y seguimiento del proyecto.

Requisitos: Identificar cuáles son las instancias que pueden ayudar a “bajar” recursos para esta propuesta, girar los oficios correspondientes, así como hacer visitas específicas para dar a conocer el proyecto haciendo énfasis en el sentido comunitario y los objetivos perseguidos, así como conocer cuáles podrían ser proyectos en los que se podría aprender/participar.

## **10. Promover la Sostenibilidad en la Cultura Popular**

Acción: Construir una campaña en los medios de comunicación, y redes sociales oficiales y no oficiales sobre el desarrollo de las actividades, destacando cómo la cultura popular ha aportado beneficios para combatir los problemas ambientales, permitiendo la construcción de espacios comunitarios que también permiten el aprendizaje de los alumnos y una enseñanza más transversal, reflexiva, crítica y pertinente.

Objetivo: Compartir ante la sociedad los logros, retos, fortalezas, y tareas pendientes de las actividades realizadas para compartir la experiencia, pero también como un ejercicio de rendición de cuentas, pues se utilizarían los apoyos e insumos de diferentes dependencias gubernamentales.

Requisitos: Identificar cuáles serían los medios y las acciones más adecuadas para promover el trabajo desarrollado con un importante soporte de la cultura popular y también dirigirla hacia ella. Entre los que se propondría serían: historia de vida de los participantes, podcast, videos educativos, cortometraje, entre otros.

## Resultados y discusión

Con la aplicación de las acciones propuestas se identifican los beneficios que cada una de ellas traería consigo, a saber:

- Convertir a las instituciones educativas participantes en un referente de socialización de conocimientos y experiencias diversos, no sólo entre las IES y/o el Sistema Educativo, sino, y más importante, en la comunidad en que se localiza.
- Proponer un curso de EDS que responda a una formación en valores, desarrolle pensamiento crítico, esté orientado a la acción, motive la participación en la toma de decisiones, adopte un enfoque interdisciplinar y holístico, sea significativo y atienda la escala glocal (Robertson, 2000). Además de transversalizar lo más posible la EDS con otros cursos construidos desde el Estado, las autoridades locales y los colegiados.
- Diseñar y aplicar diversos planes de acción focalizados al contexto histórico, social, económico, político, cultural y ambiental en el que se insertan los participantes, para construir buenas prácticas desde una mirada integradora y participativa que facilite prácticas innovadoras en la construcción de un mejor futuro.
- Sensibilizar sobre la relevancia conceptual del DS y EDS para generar propuestas viables y significativas.
- Construcción de lazos solidarios, incentivar la participación, intercambio respetuoso de conocimientos, propuestas, y prácticas.
- Rescatar y poner en marcha conocimientos tradicionales, principalmente entre los vecinos que se caracterizan por un pasado reciente de migración campo-ciudad, así como de los propios de integrantes de las comunidades educativas, que en su historia de vida también tienen antecedentes relacionados con elementos que ayudan a lo sustentable. Construir y fortalecer los lazos de unión para mejorar la participación.
- Fortalecer las conciencias ambiental e histórica, y reconocer la responsabilidad tanto en las problemáticas como de las soluciones a los temas sustentables.
- Observación de los logros alcanzados destacando el sentido comunitario, y compartir la experiencia documentada con otros actores que pueden ser inspirados y/o motivados a desarrollar acciones semejantes.

- Motivar la participación de los actores reduciendo los costos de la propuesta por medio de la intervención de dependencias que aporten insumos económicos y materiales.
- Hacer más visible la problemática sustentable, y su, al menos, parcial solución con la EDS desde una perspectiva social horizontal y comunitaria, intercultural, transversalizando conocimientos (formales y no formales) que impulsan procesos de enseñanza-aprendizaje situados, reflexivos y críticos.

## Conclusiones

La sobrevivencia de los seres vivos en nuestro presente está en riesgo. La permanente crisis ambiental, reconocida sólo desde la segunda mitad del siglo pasado, ha provocado que se cuestione internacionalmente la pertinencia del modelo de desarrollo capitalista impulsado desde el proyecto moderno decimonónico. En su lugar, se ha intentado transitar hacia un Desarrollo Sostenible que tendría en su corazón tres esferas interrelacionadas: económica, social y ambiental. Esto no ha sido fácil de llevar a la práctica porque las desigualdades históricamente construidas son muy amplias, y la solución a problemas como la pobreza, el cambio ambiental, la migración forzada, entre otros muchos más, requieren transformaciones profundas.

Acciones políticas y decisiones económicas de gran envergadura son requeridas, pero también cambios ideológicos relacionados con patrones de consumo y producción que transformen prácticas culturales son indispensables. En este escenario, la educación tiene una responsabilidad impostergable, pese a que en México no se ha desarrollado como tal una EDS, pero sí una educación ambiental que ha favorecido el avance de cierta sensibilidad sobre temáticas como la contaminación. De particular importancia son la EM y las IES dedicadas a la formación de los futuros profesionistas.

Desde ellas, se tendría la oportunidad de impactar directamente a estratos sociales muy amplios. Una tarea pendiente de la Escuela (como institución/estructura) es la relación con los integrantes de la comunidad en la que se inserta. La propuesta en este trabajo ha sido colocar a las instituciones educativas como el centro de la comunidad, pero evitando ser quien tenga la “razón” o el “conocimiento”. Más bien se ha intentado recuperar prácticas históricas/tradicionales de la comunidad que sumen a los contenidos curriculares.

Las actividades enunciadas pretenden proporcionar a los agentes participantes habilidades prácticas para seguir aprendiendo ya sea con fines áulicos o no, ofrecer ele-

mentos para desarrollar acciones solidarias en pro de una vida sustentable, y fortalecer la conciencia sustentable-histórica que les permita transformar su entorno desde la acción comunitaria.

En cuanto a las habilidades desarrolladas con esta propuesta, y que estarían en una o más de las tres áreas del DS e inspiradas en McClaren (citado por Mckeown, 2002), se encuentran las siguientes: capacidad de comunicarse de manera efectiva por escrito y oralmente utilizando diferentes recursos tecnológicos; capacidad de pensar en y desde sistemas naturales y sociales reconociendo que los problemas globales contemporáneos están relacionados e interrelacionados unos con otros; capacidad de pensar en el tiempo donde la planificación es fundamental y se puede usar la ciencia y los conocimientos tradicionales para resolución de problemas; capacidad de pensar críticamente acerca de cuestiones socio-históricas y político-económicas reconociendo que los problemas tienen una historia y un futuro; capacidad de ir de la conciencia al conocimiento a la acción; capacidad de trabajar de manera cooperativa con otras personas y, al mismo tiempo, ampliar la mirada hacia otras comunidades locales, regionales, nacionales e internacionales; capacidad de conocer, investigar, actuar, juzgar, imaginar, conectar, valorar y elegir de manera articulada con diferentes integrantes de la comunidad.

## Referencias

Boff, L. (1998). *Brasas y bajo las cenizas*. Trotta.

Calixto, R. (2012). "Investigación en educación ambiental". *Revista mexicana de investigación educativa*, 17(55), 1019-1033. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-66662012000400002&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-66662012000400002&lng=es&tlng=es)

Mckeown, R. (2002). *Manual de Educación para el Desarrollo Sostenible*. Centro de Energía, Medio Ambiente y Recursos Universidad de Tennessee.

ONU (1987). Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Disponible en: [https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE\\_LECTURE\\_1/CMMADInforme-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf](https://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_LECTURE_1/CMMADInforme-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo.pdf).

ONU (2000). Programa 21: Capítulos, Declaraciones, y Convenciones. Disponible en: <https://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/index.htm>.

Robertson, R. (2000). Glocalización: tiempo-espacio y homogeneidad-heterogeneidad. *Zona abierta*, (92/93), 213-241. Disponible en: [https://ivanhistorico.files.wordpress.com/2013/12/art\\_4\\_glocalizacic3b3ntiempoespacio.pdf](https://ivanhistorico.files.wordpress.com/2013/12/art_4_glocalizacic3b3ntiempoespacio.pdf).

ONU (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G.2681-P/Rev.3)*, Santiago. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf)

# LA PROCRASTINACIÓN EN LOS NIVELES MEDIO SUPERIOR Y SUPERIOR DE EDUCACIÓN DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO EN EL SEMESTRE 2022B

*Verónica Vilchis Esquivel<sup>1\*</sup>, Patricia Vilchis Esquivel<sup>2</sup>; Ramiro Eduardo Muñoz Ferreyro<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Plantel Ignacio Ramírez Calzada de la Escuela Preparatoria, Universidad Autónoma del Estado de México y Facultad de Arquitectura y Diseño [vvilchise@uaemex.mx](mailto:vvilchise@uaemex.mx)

<sup>2</sup>Facultad de Arquitectura y Diseño, Universidad Autónoma del Estado de México, [pvilchise@uaemex.mx](mailto:pvilchise@uaemex.mx)

<sup>3</sup>Facultad de Derecho, Universidad Autónoma del Estado de México, [remunozf001@profesor.uaemex.mx](mailto:remunozf001@profesor.uaemex.mx)

## Resumen

Actualmente se vive en el mundo de la inmediatez y se tiene la idea de que gran parte de las actividades a realizar se harán con tan sólo buscarlas en internet, copiar y pegar. Las vidas durante estos dos años de pandemia han generado un cambio drástico en la manera en la que los estudiantes se relacionan con el conocimiento. Si bien es cierto, la virtualidad resultó ser la panacea para evitar en muchos casos el retraso o la deserción escolar, por otro lado, han surgido una serie de patrones de conducta respecto a las tareas que los alumnos deben cubrir durante la etapa de regreso a clases de forma presencial, lo que implica un mayor esfuerzo para cumplir en tiempo y forma con las asignaciones. La inmediatez de la que se habla al inicio ha provocado que muchos alumnos no dediquen el tiempo suficiente ni se organicen para la entrega de tareas. Por eso, resulta interesante averiguar si hay o no procrastinación en el semestre en curso en la Universidad Autónoma del Estado de México.

El objetivo de este trabajo es precisamente identificar si hay procrastinación académica por parte de estudiantes de Niveles Medio Superior y Superior de la Universidad Autónoma del Estado de México con ayuda del instrumento de Escala de Procrasti-

nación Académica creada por Busko (1998) y aplicada a través de la Plataforma Forms de Microsoft, con el fin de proponer estrategias generales que les permitan mejorar su desempeño académico.

Se invitó a un total de 180 estudiantes de ambos niveles, toda vez que la participación fue intencionada pero voluntaria. El número de estudiantes que decidieron formar parte de la investigación fueron 88 con edades que fluctúan desde los 19 hasta los 23, siendo en su mayoría del género femenino quien tuvo una mayor colaboración.

Los resultados indican que los estudiantes procrastinan en algunas actividades que no resultan de su interés, pero que a pesar de ello intentan autorregularse para cumplir con sus labores académicas. Se hacen algunas propuestas generales que les permitan a los estudiantes a lograr un mejor desempeño en su travesía por la vida académica universitaria.

Palabras clave: Procrastinación, autorregulación y postergación académica.

---

## Antecedentes

Según la Real Academia de la Lengua Española procrastinación es una palabra conformada por dos términos provenientes del latín: *pro* (a favor de) y *crastinare* (relativo al día de mañana), por lo que literalmente significa posponer, diferir, aplazar o dejar para mañana (García, 2008; Steel, 2011).

Las investigaciones realizadas por Álvarez (2010) de la Universidad de Lima, describe la procrastinación como un “constructo polisémico, estudiado y desarrollado por muchos, los que tienden a presentar múltiples definiciones agrupando un elemento común. El aplazamiento o la demora”.

Sabemos que la escuela en sí representa un gran reto para aquellos que transitan por ella durante años. Un estudiante de nivel medio superior ha tenido al menos 9 años de estudio previo, que en teoría, le han permitido desarrollar estrategias de aprendizaje y lograr un buen desempeño académico, mientras que para los de nivel superior han

sido 12 años. Aun así, el número de años no es ninguna garantía para salir adelante de la Universidad. Los estudiantes tienen que realizar trabajos, actividades y tareas que les permitan a los profesores valorar su conocimiento en diversas áreas, por lo que desde el comienzo tienen dos opciones o realizarlas en tiempo y forma, o bien, dejarlas hasta el final. Si el estudiante se decide por esta última opción, entonces comienza a procrastinar. Para algunos investigadores, el procrastinar no es simple flojera o postergación, sino que se involucran ya otros aspectos asociados a la ansiedad, estrés general, problemas de salud física y mental volviéndose un círculo vicioso. A esto se le conoce como procrastinación académica que es asociada particularmente con consecuencias académicas negativas, con notas bajas y deserción escolar (Álvarez, 2010).

De acuerdo con Garzón et. al (2019), en el libro titulado *Características y dimensiones de la procrastinación académica en estudiantes universitarios colombianos*, señalan que hay una relación entre el nivel de autorregulación con el éxito escolar- Los estudiantes que tienen mayor confianza en sus habilidades académicas tienden a procrastinar menos que aquellos que no; además de que si estos últimos perciben las tareas poco atractivas, ambiguas y aburridas sus tasas serán más altas y necesitarán más esfuerzo para realizarlas.

## **Objetivo**

Averiguar si los estudiantes universitarios del Nivel Medio Superior y Superior de la Universidad Autónoma del Estado de México procrastinan académicamente a través de una encuesta con el fin de generar estrategias que les apoyen en su desempeño académico.

## **Hipótesis**

Los estudiantes universitarios del Nivel Medio Superior y Superior de la Universidad Autónoma del Estado de México procrastinan académicamente a pesar de que intentan autorregularse en su desempeño escolar.

## Parte experimental

### Método

El tipo de investigación es instrumental y descriptivo, toda vez que utiliza un instrumento o herramienta ya existente y se trata de un nuevo contexto de aplicación pertinente al momento actual. Descriptivo porque a pesar de que en la mayoría de los estudios previos sobre procrastinación, esta investigación se limita a revisar los reactivos sin hacer un análisis estadístico.

### Participantes

Se contó con la participación de estudiantes universitarios del Nivel Medio Superior y Superior, siendo el muestreo de tipo intencional y voluntario de entre los 15 y los 23 años. Se invitó a un total de 180 estudiantes de ambos niveles. El total de los estudiantes que participaron fue de 88. El 65.9 % eran mujeres y el 34.01 % hombres.

Antes de la aplicación de dicho instrumento se les informó a los estudiantes que sería en completo anonimato su participación, que los únicos datos requeridos serían el género y la edad y que en los resultados serían con fines exclusivamente académicos.

### Instrumento

El instrumento que se utilizó es la Escala de Procrastinación Académica, creada por Busko (1998). Está constituida por 16 reactivos escala tipo Likert con cinco opciones de respuesta: nunca, pocas veces, a veces, casi siempre y siempre. Presenta una fiabilidad a través del coeficiente Alfa de Cronbach de 0,86. Su adaptación al español por Álvarez (2010), con una fiabilidad a través del coeficiente Alfa de Cronbach de 0,80. La administración de la escala es de forma individual o colectiva. Generalmente, la realización del cuestionario lleva entre 8 y 12 minutos.

En el instrumento se pueden apreciar dos categorías en los reactivos; la primera se refiere a la autorregulación académica con los ítems 2, 5, 6, 7, 10, 12, 13 y 14 y la segunda relacionada con postergación de actividades con los ítems 1,8 y 9, haciendo énfasis en los ítems 3, 4, 15 y 16.

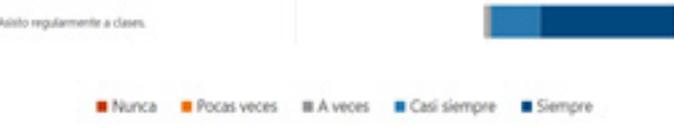
## Procedimiento

El instrumento fue elaborado usando la aplicación Forms de Microsoft y se les compartió a los estudiantes el enlace a través de las redes sociales. Se les pidió que colaboraran de forma voluntaria y anónima.

## Resultados y discusión

Los resultados obtenidos se presentan con base en las dos categorías descritas en el apartado de instrumento y a su vez de forma individual para poder analizarlas.

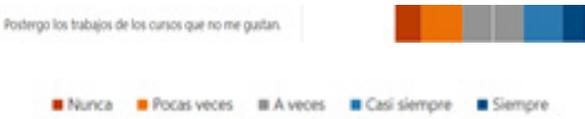
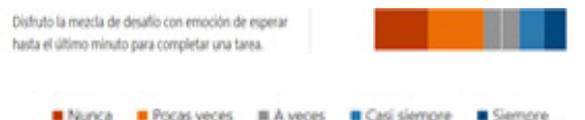
**Tabla 1. Categoría 1: Autorregulación Académica**

<p>Ítem 2. Generalmente me preparo por adelantado para los exámenes.</p> <p>Generalmente me preparo por adelantado para los exámenes.</p>  <p>■ Nunca ■ Pocas veces ■ A veces ■ Casi siempre ■ Siempre</p>	<p>En este reactivo se observa que el 27.3% que corresponde a pocas veces es el porcentaje más alto, lo que indica que los estudiantes no consideran con antelación preparar una estrategia de estudio para enfrentarse a los exámenes; y tan solo entre el 10 y el 19% se organizan para tener éxito en sus pruebas académicas.</p>
<p>Ítem 5. Cuando tengo problemas para entender algo, inmediatamente trato de buscar ayuda.</p> <p>Cuando tengo problemas para entender algo, inmediatamente trato de buscar ayuda.</p>  <p>■ Nunca ■ Pocas veces ■ A veces ■ Casi siempre ■ Siempre</p>	<p>El 31.8% indica que casi siempre busca ayuda cuando se enfrenta a temas que le ocasionan dudas, no obstante muy cerca con el 30.7% dice que algunas veces se acerca a alguien para despejarlas. Sólo el 3.4% no hace nada para clarificar las dificultades con los temas a estudiar.</p>
<p>Ítem 6. Asisto regularmente a clases.</p> <p>Asisto regularmente a clases.</p>  <p>■ Nunca ■ Pocas veces ■ A veces ■ Casi siempre ■ Siempre</p>	<p>El 70.9% indica que siempre asiste a clases y sólo con el 3.5% contesta que a veces.</p>
<p>Ítem 7. Trato de completar el trabajo lo más pronto posible.</p> <p>Trato de completar el trabajo asignado lo más pronto posible.</p>  <p>■ Nunca ■ Pocas veces ■ A veces ■ Casi siempre ■ Siempre</p>	<p>Entre el 33 y el 35.2% dicen que casi siempre y siempre intentan completar las tareas lo antes posible; mientras que el 22.7% lo hace a veces.</p>

<p><b>Ítem 10. Constantemente intento mejorar mis hábitos de estudio</b></p> <p>Constantemente intento mejorar mis hábitos de estudio.</p>  <p>■ Nunca ■ Pocas veces ■ A veces ■ Casi siempre ■ Siempre</p>	<p>El 1.1% dice que nunca intenta mejora sus hábitos para estudiar; el 12.6% dice que pocas veces; el 26.4 % a veces; mientra31.9% indica que casi siempre intenta mejora sus hábitos de estudio y el</p>
<p><b>Ítem 11. Invierto el tiempo necesario en estudiar aun cuando el tema sea aburrido.</b></p> <p>Invierto el tiempo necesario en estudiar aun cuando el tema sea aburrido.</p>  <p>■ Nunca ■ Pocas veces ■ A veces ■ Casi siempre ■ Siempre</p>	<p>En este punto los participantes con el 31.8% reconocen que casi no invierten tiempo cuando el tema les parece poco interesante; mientras que el 25% dice que algunas veces se fuerza y el 22.7% casi siempre. El 17% nos indica que siempre invierte tiempo para estudiar.</p>
<p><b>Ítem 12. Trato de motivarme para mantener mi ritmo de estudio</b></p> <p>Trato de motivarme para mantener mi ritmo de estudio.</p>  <p>■ Nunca ■ Pocas veces ■ A veces ■ Casi siempre ■ Siempre</p>	<p>Con el 38.6% los participantes indican que casi siempre se motivan para mantener un ritmo de estudio y muy cerca con el 36,4% dicen que siempre lo hacen, por otra parte el 1.1% nunca; el 8% pocas veces y finalmente el 15.9% a veces.</p>
<p><b>Ítem 13. Trato de terminar mis trabajos con tiempo de sobra.</b></p> <p>Trato de terminar mis trabajos importantes con tiempo de sobra.</p>  <p>■ Nunca ■ Pocas veces ■ A veces ■ Casi siempre ■ Siempre</p>	<p>El 36.4% es el porcentaje más alto e indica que casi siempre tratan de terminar los trabajos antes de las entregas; le sigue el siempre con un porcentaje de 31.8; por otra parte el 18.2% dice que pocas veces lo intenta.</p>
<p><b>Ítem 14. Me tomo el tiempo de revisar mis tareas antes de entregarlas.</b></p> <p>Me tomo el tiempo de revisar mis tareas antes de entregarlas.</p>  <p>■ Nunca ■ Pocas veces ■ A veces ■ Casi siempre ■ Siempre</p>	<p>El 43.2% comenta que siempre revisa las tareas antes de su entrega final, por su parte el 4.5% indica que nunca lo hace.</p>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Categoría 2: Postergación de actividades

<p>Ítem 1. Cuando tengo que hacer una tarea, normalmente la dejo para el último minuto.</p> <p>Cuando tengo que hacer una tarea, normalmente la dejo para el último minuto.</p>  <p>■ Nunca ■ Pocas veces ■ A veces ■ Casi siempre ■ Siempre</p>	<p>El 21.5% dice dejar las tareas hasta el final para realizarlas; el 37.5% indica que a veces y el 21.6% que siempre. El 35.2% contesta que pocas veces y finalmente el 3.4% confirma que nunca.</p>
<p>Ítem 3. Cuando me asignan lecturas, las leo la noche anterior.</p> <p>Cuando me asignan lecturas, las leo la noche anterior.</p>  <p>■ Nunca ■ Pocas veces ■ A veces ■ Casi siempre ■ Siempre</p>	<p>El 33% reconoce que casi siempre deja las lecturas para hacerlas una noche antes de entregar o de clase, mientras que seguido con el 23.9% dicen que algunas veces lo hacen de esa forma. El 18.2% contesta que nunca deja las tareas hasta el final.</p>
<p>Ítem 4. Cuando me asignan lecturas, las reviso el mismo día de clase.</p> <p>Cuando me asignan lecturas, las reviso el mismo día de la clase.</p>  <p>■ Nunca ■ Pocas veces ■ A veces ■ Casi siempre ■ Siempre</p>	<p>El 26.1% de los encuestados responden que algunas veces hacen sus lecturas el mismo día que las ocupan, no obstante las opciones de pocas veces y casi siempre se encuentran con un 22.7%, siendo el 8% de las respuestas para los que lo hacen con anterioridad.</p>
<p>Ítem 8. Postergo los trabajos de los cursos que no me gustan.</p> <p>Postergo los trabajos de los cursos que no me gustan.</p>  <p>■ Nunca ■ Pocas veces ■ A veces ■ Casi siempre ■ Siempre</p>	<p>El 31.8% de los participantes comenta que algunas veces deja sus trabajos de los cursos que no les gustan para después. El 20.5% comenta que casi siempre, y tan solo el 13.6% refiere que nunca posterga.</p>
<p>Ítem 9. Postergo las lecturas de los cursos que no me gustan.</p> <p>Postergo las lecturas de los cursos que no me gustan.</p>  <p>■ Nunca ■ Pocas veces ■ A veces ■ Casi siempre ■ Siempre</p>	<p>El 15.9% dice que nunca, 26.1% refiere que son pocas veces, mientras que el 29.5% comenta que a veces lo hace y el 15.9% casi siempre y tan solo el 12.5% siempre posterga.</p>
<p>Ítem 15. Raramente dejo para mañana lo que puedo hacer hoy.</p> <p>Raramente dejo para mañana lo que puedo hacer hoy.</p>  <p>■ Nunca ■ Pocas veces ■ A veces ■ Casi siempre ■ Siempre</p>	<p>En este reactivo el 35.2% es el más alto y corresponde a que los participantes a veces dejan para el día siguiente lo que pudieran avanzar hoy. Muy cerca está con el 31.8% que pocas veces hacen esto, y los que nunca postergan corresponde al 5.7%.</p>
<p>Ítem 16. Disfruto la mezcla del desafío con emoción de esperar hasta el último minuto para completar una tarea.</p> <p>Disfruto la mezcla de desafío con emoción de esperar hasta el último minuto para completar una tarea.</p>  <p>■ Nunca ■ Pocas veces ■ A veces ■ Casi siempre ■ Siempre</p>	<p>El 27.9 y el 29.1% corresponden al nunca y pocas veces respectivamente en cuestión de disfrute al postergar las tareas, por otra parte el 12.8 y el 11.6% comentan que casi siempre y siempre dejan el completar las tareas hasta el final porque les provoca adrenalina hacerlo de esta forma.</p>

Fuente: elaboración propia.

## Propuestas

Con base en los resultados obtenidos de esta investigación, se sugieren de manera muy general algunas estrategias que pudieran apoyar a disminuir la procrastinación académica para los estudiantes de los niveles medio superior y superior.

1. Buscar un sitio tranquilo para estudiar.
2. Identificar prioridades dentro del plan de estudios.
3. Proponerse plazos de entrega y cumplirlos.
4. Hacer pequeños avances y no dejar todo para el siguiente día.
5. Comenzar con tareas de dificultad media, alta y finalmente de baja y no viceversa.
6. Tener libretas y no hojas sueltas.
7. Descansar y dormir adecuadamente. Darse tiempos de descanso entre tareas.
8. Recompensarse por tener logros.

## Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en esta investigación se concluye que el objetivo de ésta se cumplió, ya que con ayuda del instrumento y la aplicación del mismo se sabe que los estudiantes de ambos niveles educativos (medio superior y superior) postergan algunas actividades escolares.

El método por el cual se llevó a cabo la investigación resulta muy cómodo, pues en cuestión de minutos se puede compartir y de forma anónima recopilar las respuestas. En cuestión de los participantes, a pesar de que fue voluntario se observa que el género femenino supero en número al masculino, lo que quizá pueda indicar que son las mujeres son más participativas en este tipo de investigación, ya que el instrumento estuvo abierto durante una semana.

El instrumento resultó bastante útil, ya que tiene un alto grado de confiabilidad por lo que los resultados son seguros. Otro aspecto importante del instrumento y que coad-

yuvó al cumplimiento del objetivo fue que puede dividirse en dos categorías con casi el mismo número de ítems, lo que lo hace confiable. La hipótesis planteada al inicio de la investigación establece que los estudiantes universitarios del Nivel Medio Superior y Superior de la Universidad Autónoma del Estado de México procrastinan académicamente a pesar de que de intentan autorregular su desempeño escolar. En este sentido la hipótesis es verdadera porque al observar los datos y comparar las tablas 1 y 2, se aprecia que en la primera parte que se refiere a la autorregulación de actividades, los estudiantes intentan organizarse para cumplir con sus obligaciones, siendo la principal de ellas asistir a los cursos, sin embargo, postergan las actividades cuando los temas a estudiar les resultan poco atractivos. Pocos estudiantes sienten adrenalina al dejar los trabajos para completar hasta el final, por lo que se concluye y corrobora que los participantes no se ubican en los extremos, es decir, no postergan todas las actividades, pero tampoco regulan todas. Finalmente, las estrategias que se proponen en esta investigación son bastante generales y debieran adaptarse de forma específica y de acuerdo con el plan de trabajo de cada estudiante.

## Referencias

- Álvarez Blas, O. R. (2010). Procrastinación general y académica en una muestra de estudiantes de secundaria de Lima metropolitana. *Persona, s/v* (13),159-177. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=147118212009>
- Trujillo-Chumán, K., Noé-Grijalva M. (2020). La Escala de Procrastinación Académica (EPA): validez y confiabilidad en una muestra de estudiantes Peruanos. *Revista de Psicología y Educación / Journal of Psychology and Education*, 15(1), 98-107. <https://doi.org/10.23923/rpye2020.01.189>
- Zumárraga-Espinosa, M., Cevallos-Pozo, G. (2021). Evaluación psicométrica de la Escala de Procrastinación Académica (EPA) y la Escala de Resiliencia Académica (ARS-30) en personas universitarias de Quito-Ecuador. *Revista Educación*, vol. 45, (1), 1-31. <https://doi.org/10.15517/revedu.v45i1.42820>

# ESTRUCTURACIÓN DE UNA ESTRATEGIA DIDÁCTICA PARA LA ENSEÑANZA DEL CÁLCULO DE CONCENTRACIONES DE DISOLUCIONES USANDO GAMIFICACIÓN A NIVEL MEDIO SUPERIOR

*Erica Elizabeth Cruz Hernández, Miriam Aide Castillo Rodríguez*

*Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ciencias Químicas, Sección Química Analítica,  
[erica\\_cruzh@cuautitlan.unam.mx](mailto:erica_cruzh@cuautitlan.unam.mx) [miriam.castillo@cuautitlan.unam.mx](mailto:miriam.castillo@cuautitlan.unam.mx)*

## Resumen

La enseñanza-aprendizaje se encuentra en un momento que necesita implementar el uso de nuevas metodologías donde se introduzcan elementos del juego con el fin de enriquecer experiencias positivas en el estudiante de nivel medio superior en el tema de cálculo de concentraciones de disoluciones en el área de la química e identificación de las unidades correspondientes, ya que en este nivel solo se enfoca la enseñanza de unidades físicas de concentración.

Con este trabajo se busca la estructuración de una estrategia didáctica novedosa que permita al alumno de educación media superior lograr un aprendizaje significativo de una manera agradable y motivadora en el cálculo de concentraciones físicas y químicas de disoluciones en el área química e identificación de las unidades correspondientes a través del uso de elementos del juego que promueven el aprendizaje y permiten resolver problemas influyendo en la conducta psicológica y social del estudiante al asumir el rol de un jugador que se ve motivado a cumplir retos, ganar insignias, competir contra reloj y ganar puntos, permitiendo al alumno aumentar sus conocimientos y su participación en esta área de la educación.

Con el desarrollo de la estrategia didáctica se pretende crear al alumno, la necesidad de profundizar en el conocimiento de una manera agradable de los cálculos de concentración físicas y químicas y las unidades correspondientes aplicados a la vida cotidiana, mediante el uso de herramientas didácticas como son el juego basado en competencias y motivación con el fin de enriquecer las experiencias de aprendizaje dentro del aula.

**Palabras clave:** Gamificación, concentración, disolución química, medio superior, cálculos químicos, herramientas digitales.

---

## Antecedentes

La enseñanza aprendizaje se encuentra en un momento que necesita implementar el uso de nuevas metodologías, donde se introduzcan elementos del juego (Figura 1) con el fin de enriquecer experiencias positivas en el estudiante ya que el número programas inter y multidisciplinares está incrementando.

En la actualidad tenemos estudiantes que pertenecen a generaciones a partir de la Generación Z, donde son aquellas personas que tienen acceso a un mundo digital, donde las redes sociales a menudo forman parte de su vida y socialización (Horowitz, 2012). Además, que se han caracterizado por la disminución de la habilidad para prestar atención (Fromann, 2015).

Es importante señalar que las técnicas de gamificación no se limitan a usar videojuegos en el aula. (Contreras y Eguía, 2016) afirman que se trata de utilizar mecánicas asociadas al videojuego, para presentar al alumno una serie de retos de aprendizaje, que cuando el alumno lo haya cumplido, generan una recompensa a corto plazo dimensionada a la complejidad del reto.

En la enseñanza de la química y del concepto particular de concentración de disoluciones acuosas, se ha descontextualizado de la cotidianidad de los estudiantes, es decir

ha sido aislada de su contexto real, lo que no permite que el contenido disciplinar visto en clase sea relevante. Por lo tanto, si la enseñanza de las disoluciones acuosas se inicia a través de una problemática presente en el contexto del estudiante, conlleva a que la enseñanza de la química esté contextualizada, promoviendo el interés de los estudiantes, donde el profesor actúa como guía orientador y el estudiante reflexione y sea responsable de su propio aprendizaje.



## Objetivo

Establecer una estrategia didáctica novedosa que permita al alumno de educación media superior lograr un aprendizaje significativo de una manera agradable y motivadora en el cálculo de concentraciones físicas y químicas de disoluciones químicas e identificación de las unidades correspondientes, mediante el uso de elementos del juego que promuevan dicho aprendizaje por la influencia psicológica y social del estudiante al asumir el rol de un jugador que se ve motivado a cumplir retos, ganar insignias, competir contra reloj y ganar puntos.

## Metodología

La implementación de la estrategia se lleva a cabo en grupo experimental, el tema se desarrolla en 3 clases de 2 horas cada una.

En la primera sesión del grupo se inicia la clase con una didáctica para identificar las concepciones alternativas, aplicando un cuestionario Pre-test en la plataforma de

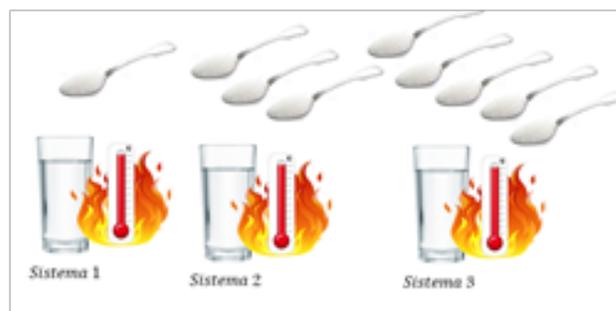
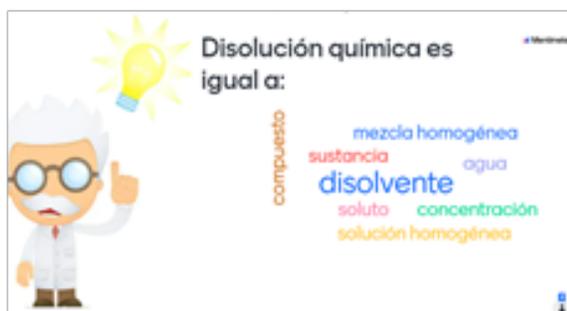
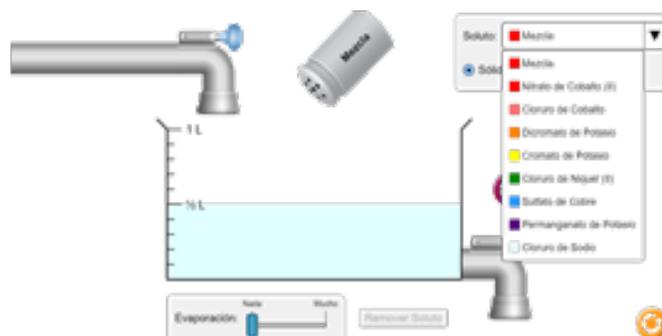
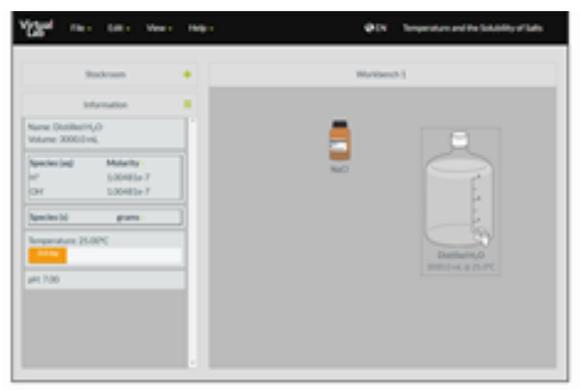
Nearpod, posteriormente se proporcionaron a los estudiantes diversos materiales para su posterior clasificación y establecer el concepto de mezcla, tipos de mezclas y enfocarse en disolución química.

Para ello se realiza un experimento “Donde está el azúcar” que permite al estudiante establecer ideas previas de las observaciones esperadas y posteriormente elaboran un cuadro comparativo de ideas previas contra ideas posteriores al experimento. predice resultados y compara con lo observado.

En la segunda sesión, se inicia con una lluvia de ideas en la plataforma de Mentimeter, para continuar con la presentación un laboratorio virtual para el reforzamiento del concepto de una disolución química cuando se somete a condiciones variables. Posteriormente se realiza el experimento “Concentración de las disoluciones”, donde el estudiante comprenderá la importancia de la energía involucrada en los cambios químicos al observar y reproducir fenómenos en el laboratorio, para concluir acerca de las relaciones entre propiedades, estructura y composición del agua, así como la interpretación de la concentración de unidades físicas de las disoluciones químicas y establecer las relaciones entre las observaciones en el ámbito macroscópico y un modelo que las explique.

En la tercera sesión, se inicia la clase con aplicación de un crucigrama de los conceptos vistos previamente, para continuar con una presentación en PowerPoint, como retroalimentación de los conceptos ya estudiados en las dos sesiones anteriores, que permitirán el reforzamiento de aprendizajes. Se utilizará un simulador “Concentración 1.3.22” para que el estudiante visualice diferentes disoluciones químicas y una nueva manera de representarla en unidades de molaridad, para su posterior tratamiento matemático. Para el cierre de las sesiones, se realiza el Cuestionario Post-test para evaluar los conocimientos adquiridos acerca del tema de Disoluciones químicas y unidades de concentración.

### Recursos utilizados



### Conclusiones

Se realizó la estructuración de una estrategia didáctica que permite al estudiante de nivel medio superior lograr aprendizajes significativos usando herramientas digitales que promueven el aprendizaje significativo, para que el estudiante pueda calcular concentraciones físicas y químicas de disoluciones químicas usando la gamificación. Es importante mencionar que en los próximos días se realizará la implementación de la estrategia didáctica y se tendrán los resultados de ello.

## Referencias

Díaz Cruzado, J., & Troyano Rodríguez, Y. (2013). El potencial de la gamificación aplicado al ámbito educativo. En: II jornadas de innovación docente de la facultad de Ciencias de la Educación (Universidad de Sevilla), 1-9.

Foncubierta, José Manuel y Chema Rodríguez. “Didáctica de la gamificación en la clase de español” (2014) Accesible en [http://www.edinumen.es/spanish\\_challenge/gamificacion\\_didactica.pdf](http://www.edinumen.es/spanish_challenge/gamificacion_didactica.pdf)

Vázquez Pérez, A. (2011). Plan-do-check-act en una experiencia tic en el aula: desde la idea a la evaluación. Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa, (36), a162-a162. <https://doi.org/10.21556/EDUTECA.2011.36.398>

Werbach, K. & Hunter, D. (2012). For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your. Harrisburg: Wharton Digital Press.

Avilan Castillo, N. (2018), El aprendizaje por indagación, una estrategia didáctica para la enseñanza y el aprendizaje las disoluciones químicas. Bogotá. Facultad de Ciencias de la Educación Maestría en Educación en la modalidad de profundización.

Sánchez, C., García, E., & Ajila, I. (2020). Enfoque pedagógico: la gamificación desde una perspectiva comparativa con las teorías de aprendizaje. 593 Digital Publisher CEIT 5(4), 47.55. <https://doi.org/10.33386/593dp.2020.4.202>



AÑO 6, No. 6 ENERO-DICIEMBRE 2022