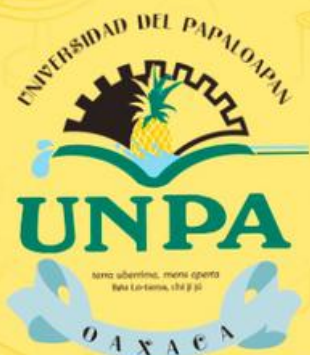




MEMORIAS COLOQUIO DEL VERANO CIENTÍFICO 2025



ISBN: 978-607-26911-1-7



DIRECTORIO

UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

M.C. Héctor López Arjona

Encargado de Despacho

M.A. Rubén Jiménez Cervantes

Vice-Rector de Administración



ORGANIZADORES

UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

M.C. Héctor López Arjona

Encargado de Despacho – vice_acad@unpa.edu.mx

INSTITUTO DE AGROINGENIERÍA

Dr. Axel Villavicencio Torres

Director de Instituto – inst_agro@unpa.edu.mx

INSTITUTO DE BIOTECNOLOGÍA

Dra. Ana Karin Navarro Martinez

Directora de Instituto – inst_biot@unpa.edu.mx

INSTITUTO DE QUÍMICA APLICADA

Dr. Adolfo López Torres

Director de Instituto – inst_quim.aplic@unpa.edu.mx



FOTOGRAFÍAS

Ing. Arturo Santos Chávez

DISEÑO

Lic. Mitzy Indihui Varela Domínguez

EDITOR DE LAS MEMORIAS

Dr. Erick A. Juarez-Arellano



Memorias

“Coloquio del verano científico UNPA 2025”

PRIMERA EDICIÓN:
D.R. 2026 UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

ISBN: 978-607-26911-1-7

Universidad del Papaloapan

Campus Loma Bonita

Av. Ferrocarril s/n
CD. Universitaria
Loma Bonita
Oaxaca, México
C.P. 68400
Tel. 281 872 9230

Campus Tuxtepec

Circuito Central #200
Colonia Parque Industrial
San Juan Bautista Tuxtepec
Oaxaca, México
C.P. 68301
Tel. 287 875 92 40

<http://www.unpa.edu.mx>

Página web del libro: <https://www.unpa.edu.mx/libros/>

“Nada en la vida debe ser temido, solamente comprendido.

Ahora es el momento de comprender más, para temer menos”

Marie Curie

“En algún lugar, algo increíble está esperando ser descubierto”

Carl Sagan

La ciencia comienza, casi siempre, con una pregunta y con la curiosidad de querer entender por qué ocurren las cosas o cómo se pueden explicar. La inducción temprana al quehacer científico permite que el conocimiento deje de percibirse únicamente como información contenida en libros o aulas, y se convierta en una experiencia viva, dinámica y participativa. Durante los primeros semestres de formación universitaria, el estudiante está configurando su identidad profesional. Es el momento idóneo para erradicar el miedo al error y para entender que un experimento fallido es, en realidad, un avance en el conocimiento. Investigar es un proceso que fortalece la creatividad, el pensamiento crítico y la capacidad de análisis, habilidades esenciales para cualquier profesión.

El programa del “*Verano Científico 2025*” nace, precisamente, de esa inquietud de nuestros estudiantes de los primeros años de las distintas licenciaturas e ingenierías de la Universidad del Papaloapan de dar sus primeros pasos en el fascinante mundo de la investigación científica. Las y los estudiantes participantes de dicho programa tienen la oportunidad de integrarse a proyectos reales, acompañados por profesores-investigadores que fungen como guías y mentores. Esta experiencia les permite conocer cómo se construye el conocimiento científico, desde la formulación de una pregunta o hipótesis, hasta la obtención y análisis de resultados. Más allá de los contenidos técnicos, además, el programa les brinda una nueva forma de mirar su entorno y comprender que la ciencia es una herramienta poderosa para explicar y mejorar la realidad. El programa es, también, el resultado de un esfuerzo colectivo de la Universidad del Papaloapan por la formación integral de sus estudiantes y con la promoción de una cultura científica incluyente y accesible.

Es, entonces, en el “*Coloquio del verano científico UNPA 2025*” donde se presentaron los trabajos de investigación desarrollados durante el “*Verano Científico 2025*” y en las memorias de dicho evento queda el registro de ellos. Los trabajos incluidos en estas “*Memorias del coloquio del verano científico UNPA 2025*” reflejan la diversidad académica que caracteriza a la Universidad del Papaloapan. Las investigaciones presentadas abarcan distintas áreas del conocimiento, muchas de ellas vinculadas con problemáticas del contexto local y regional. Esto demuestra que la ciencia no es ajena a la vida cotidiana, sino que puede surgir de las necesidades, desafíos y oportunidades del entorno inmediato dando así respuestas o soluciones en beneficio de la sociedad.

Finalmente, esta obra invita al lector a conocer y valorar el trabajo realizado por las nuevas generaciones universitarias. Cada investigación aquí presentada es un primer paso, pero también una declaración de interés y compromiso con el conocimiento. Se pretende que estas memorias no solo sirvan como inspiración para otros estudiantes, sino como el punto de partida de sus carreras como innovadores y generadores de conocimiento.

MEMORIAS

COLOQUIO DEL VERANO CIENTÍFICO UNPA 2025



Horario	Actividad	
8:00 – 8:15	Inauguración	
8:15 – 8:45	Plática	<i>Araceli Aragón Juárez</i>
Presentaciones orales 1 Moderador: M.C. Luis Alberto Hernández Zuccolotto		
8:45 – 9:00	Efectos de la suplementación de aditivos alimenticios durante la etapa de reversión sexual en la tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Vásquez Vásquez Carolina Vásquez Vásquez Wilfrido Nieto Gómez Guillermo Alcantar Vázquez Juan Pablo
9:00 – 9:15	Identificación de cepas microbianas aisladas de la Universidad del Papaloapan	Aldazba Campos Azucena Navarro Moreno Leticia Guadalupe
9:15 – 9:30	Efecto del inductor sobre la producción y viabilidad de conidios de <i>Beauveria bassiana</i> en fermentación líquida	Silva-Onofre Nahomi García-Gómez María de Jesús Luis-Corrales Laura Nuñez-Gaona Oscar
9:30 – 9:45	Preparación histológica de tejido nervioso y técnica de tinción	Rascón-Galán Francisco Javier Martínez-Ramírez Angélica Sofía Torres-Ramírez Nayeli Franco-Fabián Rocío Guadalupe
9:45 – 10:00	Mecanosíntesis de vinilfosfonatos	Mendoza Velasco Roberto C. Hernández González María G. Ramírez Marroquín Oscar A.
10:00 – 10:15	Complejos simpliciales y una aplicación introductoria en ciencia de datos	López Ortega Víctor Jared Kantún Montiel Aura Lucina Méndez Salinas Víctor Manuel Rojas Carrasco Anahí



Presentación de carteles 1

Coordinador: Dr. Oscar Abelardo Ramírez Marroquín

Horario	Actividad	
10:15 – 11:00	Sistema de Gestión de Actividades Universitarias (Versión Web y Android). Consumiendo API rest con flutter	Suárez Rivas Emanuel López Rodríguez Ariel
	Evaluación de métodos de extracción de proteínas a partir de semillas de <i>Celosia argentea var cristata</i>	Hipólito-Dionicio Itzel Carbajal-Alejandro Jaasiel Anaya-Esteban Eduardo Huerta-Heredia Ariana Arlene
	Evaluación de la capacidad de silenciamiento las partículas lentivirales que contiene al short hairpin del gen Yap y MLK en la línea celular MCF-7	Álvarez-Valdivieso Rebeca Martínez-Ramírez Angélica S. Coello-Solano Ana Rebeca Peña-Rico Miguel Ángel
	Prueba de estrategias hormonales y genéticas para aumentar la tolerancia al estrés por inundación en maíz y <i>Arabidopsis</i>	Abad-Alfonso Karla Denisse Zamora-Hernández Teresa Zilli-Gutiérrez Saribel Medina-Chávez Lucisabel Peña-Castro Julián Mario
	Preparación histológica de tejido hepático sano y fibrótico y técnicas de tinción	Romero-Contreras Yatzini Franco-Fabián Rocío G. Torres-Ramírez Nayeli Vázquez-Cuevas Francisco G. Martínez-Ramírez Angélica S.
	Reproducción inducida del pez cebra (<i>Danio rerio</i>) mediante hormonas exógenas	Pérez Aguirre Mario Vásquez Vásquez Wilfrido Vásquez Vásquez Carolina Luna Mora Ariana Alcantar Vázquez Juan Pablo
	Efecto de diferentes mezclas sustrato/texturizante sobre la producción de conidios de <i>Beauveria bassiana</i> por fermentación en medio solido	Ortiz-Martínez Lorenzo A. Luis-Corrales Laura García-Gómez María de Jesús Nuñez-Gaona Oscar

MEMORIAS

COLOQUIO DEL VERANO CIENTÍFICO UNPA 2025



Presentación de carteles 1

Coordinador: Dr. Oscar Abelardo Ramírez Marroquín

Horario	Actividad	
10:15 – 11:00	Efecto de edulcorantes comerciales sobre el crecimiento de bacterias probióticas	López Jota Ariel Nolasco Vargas Massiel Nuñez Gaona Oscar Carrillo Ahumada Jesús García Gómez María de Jesús
	Efecto de concentraciones elevadas de metiltestosterona y aditivos alimenticios en el crecimiento y reversión sexual de la tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Vásquez Vásquez Wilfrido Vásquez Vásquez Carolina Nieto Gómez Guillermo Alcantar Vázquez Juan Pablo
	Cultivo in vitro de raíces de <i>Gomphrena</i> en un biorreactor airlift	Díaz-Antonio María de la C. Aiza-Martínez Cristhopher Sanchez-Ocampo Paul M. Capataz-Tafur Jacqueline.
	Mecanosíntesis de iminas	Luciano Hernández Dylan Cruz Peña Roxana Ramírez Marroquín Oscar A.
	Procesamiento de polímeros termoplásticos con un derivado de lignina	Hernández Rodríguez Danitza Beltrán Mendoza Edgar Valera Zaragoza Mario
	Tratamiento fotocatalítico de agua residual contaminada por colorantes	Ortiz Lilián Alejandro Ramírez Marroquín Oscar A. Martínez Galero Nelda Xanath
	Sistema de Gestión de Actividades Universitarias (Versión Web y Android). Consumiendo API rest con flutter	Suárez Rivas Emanuel López Rodríguez Ariel
11:00 – 11:15	Entrega de reconocimientos poster	

MEMORIAS

COLOQUIO DEL VERANO CIENTÍFICO UNPA 2025



Horario	Actividad	
Presentaciones orales 2		
Moderador: Dra. Angélica Sofía Martínez Ramírez		
11:15 – 11:30	Proteómica de hojas de <i>Alternanthera brasiliana</i>	Costeño-Cruz Abihail Paola Anaya-Esteban Eduardo Huerta-Heredia Ariana Arlene
11:30 – 11:45	Análisis de rutas de recolección de residuos en una población mediante Matemáticas Discretas	Hernández Navarrete Miguel A. Rojas Carrasco Anahí Méndez Salinas Víctor Manuel Kantún Montiel Aura Lucina
11:45 – 12:00	Evaluación de colonias de <i>Bacillus subtilis</i> resistentes a tetraciclina	Fernández López Joana Miguel-Arrieta Paola Lissette Castro-Cerritos Karla Viridiana
12:00 – 12:15	Síntesis de nanopartículas de plata con glicerol	García Gómez Arely Beltrán Mendoza Edgar - Valera Zaragoza Mario
12:15 – 12:30	Desarrollo de un alimento formulado con ingredientes no convencionales	Cobos-López Marco A. Illana-Romero Fernando Aparicio-Saguilán Alejandro Páramo-Calderón Delia E.
12:30 – 12:45	Sistema de Gestión de Actividades Universitarias (Versión Web y Android). Desarrollo del Backend con Spring	Pérez Mortera Emanuel López Rodríguez Ariel

MEMORIAS

COLOQUIO DEL VERANO CIENTÍFICO UNPA 2025



Presentación de carteles 2

Coordinador: M.C. Ariel López Rodríguez

Horario	Actividad	
12:45 – 13:30	Actividad enzimática de glucosiltransferasas de plántulas <i>in vitro</i> de <i>Stevia rebaudiana</i> crecidas con nanopartículas de TiO ₂	Medina-García Ana Laura Alvarado-Orea Itzel Vianney López-Torres Adolfo Huerta-Heredia Ariana Arlet
	Perfil fitoquímico y germinación <i>in vitro</i> de <i>Agave angustifolia</i> y <i>Agave americana</i>	Martínez-Tinoco Alondra Manrique-Arrieta Beatriz del C. Sanchez-Ocampo Paul M. Capataz-Tafur Jacqueline
	Estimulación del crecimiento de cepas de <i>Bifidobacterium</i> en presencia de xilooligosacáridos de diferentes grados de polimerización	Nolasco Vargas Massiel García Candelario Hazaribagh Nuñez Gaona Oscar Carrillo Ahumada Jesús García Gómez María de Jesús
	Preparación histológica de tejido de pulmón de Murino y tinción	Gómez-Meneses Yamila P. Martínez-Ramírez Angélica S. Torres-Ramírez Nayeli Franco-Fabián Rocío G.
	Modificaciones al anillo A y al espiroacetal de la diosgenina	Esteban Aquino Laura C. Martínez Pascual Roxana Pérez Picaso Lemuel Viñas Bravo Omar
	Síntesis de colestán-4,6-dien-3-ona por oxidación del colesterol con iodo molecular	Cruz Hernández Rubí del P. Martínez Pascual Roxana Viñas Bravo Omar Pérez Picaso Lemuel
	Estabilización de emulsiones aceite-glicerol/agua	Abonce Lorenzo Everardo Beltrán Mendoza Edgar Valera Zaragoza Mario

MEMORIAS

COLOQUIO DEL VERANO CIENTÍFICO UNPA 2025



Presentación de carteles 2

Coordinador: M.C. Ariel López Rodríguez

Horario	Actividad	
12:45 – 13:30	Tratamiento de agua residual del laboratorio de síntesis de moléculas bioactivas	Meneces Tescas Yered F. Martínez Galero Nelda Xanath
	Sistema de Gestión de Actividades Universitarias (Versión Web y Android). Desarrollo del front End con flutter	Granillo López Axel Roberto López Rodríguez Ariel
	Desarrollo e Implementación de un Robot Hexápodo con Mecanismo de Theo Jansen Controlado por FPGA	Rendón Vásquez Francisco J. Gutiérrez Zainos Francisco
	Diseño de equipo de laboratorio con Arduino y Python	Tapia-Montalvo Mariana Espejo-Galicia Luis Uribe
	Formulación inteligente de procesos alimentarios	Yescas Velasco Dylan J. Páramo Calderón Delia Esther Aparicio Saguilán Alejandro Carrillo Ahumada Jesús
13:30 – 13:45	Entrega de reconocimientos poster	
13:45 – 14:00	Clausura	

ÍNDICE

	Pág.
Efectos de la suplementación de aditivos alimenticios durante la etapa de reversión sexual en la tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	1-4
<i>Vasquez-Vasquez Carolina, Vasquez-Vasquez Wilfrido, Nieto-Gómez José Guillermo, Alcantar-Vázquez Juan Pablo</i>	
Identificación de cepas microbianas aisladas de la Universidad del Papaloapan	5-8
<i>Aldazaba Campos Azucena, Navarro Moreno Leticia G.</i>	
Efecto del inductor sobre la producción y viabilidad de conidios de <i>Beauveria bassiana</i> en fermentación líquida	9-11
<i>Silva Onofre Nahomi, Luis Corrales Laura, García Gómez M.^a Jesús, Núñez Gaona Oscar</i>	
Preparación histológica de tejido nervioso animal y técnicas de tinción	12-14
<i>Rascón Galán Francisco Javier, Díaz Sánchez Lidia, Torres Ramírez Nayeli, Vázquez Cuevas Francisco Gabriel, Martínez Ramírez Angélica Sofía, Franco Fabián Rocío G.</i>	
Mecanosíntesis de vinilfosfonatos	15-17
<i>Mendoza Velasco Roberto Carlos, Hernández González María Guadalupe, Ramírez Marroquín Oscar Abelardo</i>	
Complejos simpliciales y una aplicación introductoria en ciencia de datos	18-20
<i>López Ortega Víctor Jared, Kantún Montiel Aura Lucina, Méndez Salinas Víctor Manuel, Rojas Carrasco Anahí</i>	
Desarrollo de la integración del Frontend con el backend del sistema de gestión de actividades de la Universidad del Papaloapan	21-22
<i>Suarez Rivas Emanuel, López Rodríguez Ariel</i>	
Evaluación de métodos de extracción de proteína a partir de semillas de <i>Celosia argentea</i> var <i>cristata</i>	23-25
<i>Hipolito Dionicio Itzel, Carbajal Alejandro Jaasiel, Huerta Heredia Arlene Ariana</i>	
Evaluación de la capacidad de silenciamiento de las partículas lentivirales que contiene al short hairpin del gen Yap y MLK en la línea celular MCF-7	26-28
<i>Alvarez-Valdivieso Rebeca, Martínez-Ramírez Angélica Sofía, Coello-Solano Ana Rebeca, Ramírez-Santos Aislinn Gerald, Peña-Rico Miguel Ángel</i>	

	Pág.
Prueba de estrategias hormonales y genéticas para aumentar la tolerancia al estrés por inundación en maíz y Arabidopsis	
<i>Abad-Alfonso Karla Denisse, Medina-Chávez Lucisabel, Zamora-Hernández Teresa, Zilli-Gutiérrez Saribel, Peña-Castro Julián Mario</i>	29-32
Preparación histológica de tejido hepático sano y fibrótico y técnicas de tinción	
<i>Romero Contreras Yatzini, Franco Fabián Rocío Guadalupe, Torres Ramírez Nayeli, Vázquez Cuevas Francisco Gabriel, Martínez Ramírez Angélica Sofía</i>	33-36
Reproducción inducida del pez cebra (<i>Danio rerio</i>) mediante hormonas exógenas	
<i>Pérez-Aguirre Mario Ulises, Luna-Mora Ariana, Vásquez-Vásquez Wilfrido, Vásquez-Vásquez Carolina, Alcantar-Vázquez Juan Pablo</i>	37-39
Efecto de diferentes mezclas sustrato/texturizante sobre la producción de conidios de <i>Beauveria bassiana</i> por fermentación en medio sólido	
<i>Ortiz Martínez Lorenzo Antonio, Luis Corrales Laura, García Gómez María de Jesús, Núñez Gaona Oscar</i>	40-42
Efecto de edulcorantes comerciales sobre el crecimiento de bacterias probióticas	
<i>López Jota Ariel, Nolasco Vargas Massiel, Nuñez Gaona Oscar, Carrillo Ahumada Jesús, García Gómez María de Jesús</i>	43-45
Efecto de concentraciones elevadas de metiltestosterona y aditivos alimenticios en el crecimiento y reversión sexual de la tilapia del Nilo (<i>Oreochromis niloticus</i>)	
<i>Vasquez-Vasquez Wilfrido, Vasquez-Vasquez Carolina, Nieto-Gómez José Guillermo, Alcántar-Vázquez Juan Pablo</i>	46-49
Cultivo <i>in vitro</i> de raíces de <i>Gomphrena globosa</i> en un biorreactor airlift	
<i>Díaz-Antonio María de la Cruz, Aiza-Martínez Cristopher, Sanchez-Ocampo Paul Mauricio, Capataz-Tafur Jacqueline</i>	50-52
Mecanosíntesis de iminas	
<i>Luciano Hernández Dylan, Cruz Peña Roxana, Ramírez Marroquín Oscar Abelardo</i>	53-55
Procesamiento de polímeros termoplásticos con un derivado de lignina	
<i>Hernández Rodríguez Danitza, Beltrán Mendoza Edgar, Valera Zaragoza Mario</i>	56-57

	Pág.
Síntesis de fosforamidatos mediante microrreactor de flujo continuo <i>Ortíz Lilián Alejandro, Ramírez-Marroquín Oscar Abelardo, Martínez Galero Nelda X.</i>	58-60
Proteómica de hojas de <i>Alternanthera brasiliana</i> <i>Costeño Cruz Abihail Paola, Anaya Esteban Eduardo, Huerta Heredia Arlene Ariana</i>	61-62
Análisis de rutas de recolección de residuos en la comunidad de Benemérito Juárez, Tuxtepec, Oaxaca, mediante matemáticas discretas <i>Hernández- Navarrete Miguel Ángel, Rojas-Carrasco Anahí, Méndez-Salinas Víctor Manuel, Kantún-Montiel Aura Lucina</i>	63-65
Evaluación de colonias de <i>Bacillus subtilis</i> resistentes a tetraciclina <i>Fernández López Joana, Miguel-Arrieta Paola Lissette, Castro-Cerritos Karla Viridiana</i>	66-68
Síntesis de nanopartículas de plata con glicerol <i>García Gomez Arely, Beltrán Mendoza Edgar, Valera Zaragoza Mario</i>	69-70
Desarrollo de un alimento formulado con ingredientes no convencionales <i>Cobos-López Marco Alberto, Illana-Romero Fernando, Aparicio-Saguilán Alejandro, Páramo-Calderon Delia Esther</i>	71-74
Desarrollo del backend del sistema de gestión de actividades de la Universidad del Papaloapan, usando spring boot <i>Pérez Mortera Emanuel, López Rodríguez Ariel</i>	75-77
Actividad enzimática de glucosiltransferasas de plántulas in vitro de <i>Stevia rebaudiana</i> crecidas con nanopartículas de TiO_2 <i>Medina García Ana Laura, Alvarado Orea Itzel Vianney, Huerta Heredia Ariana Arlene</i>	78-80
Perfil fitoquímico y germinación in vitro de <i>Agave americana</i> y <i>Agave angustifolia</i> <i>Martínez-Tinoco Alondra, Manrique-Arrieta Beatriz del Carmen, Sanchez-Ocampo Paul Mauricio, Capataz-Tafur Jacqueline</i>	81-83
Estimulación del crecimiento de cepas de <i>Bifidobacterium</i> en presencia de xilooligosacáridos de diferentes grados de polimerización <i>Nolasco Vagas Massiel, García Candelario Hazaribagh, Nuñez Gaona Oscar, Carrillo Ahumada Jesús, García Gómez María de Jesús</i>	84-86

	Pág.
Preparación histológica de tejido pulmonar murino y tinción Hematoxilina/Eosina <i>Gómez Meneses Yamila Paulina, Franco Fabián Rocío Guadalupe, Torres Ramírez Nayeli, Vázquez Cuevas Francisco Gabriel, Martínez Ramírez Angélica Sofía</i>	87-89
Modificaciones al anillo A y al espiroacetal de la diosgenina <i>Esteban Aquino Laura Cecilia, Pérez Picaso Lemuel, Viñas Bravo Omar, Martínez Pascual Roxana</i>	90-93
Síntesis de colestán-4,6-dien-3-ona por oxidación del colesterol con iodo molecular <i>Cruz Hernández Rubí del Pilar, Martínez Pascual Roxana, Viñas Bravo Omar, Pérez Picaso Lemuel</i>	94-96
Estabilización de emulsiones aceite-glicerol/agua <i>Abonce Lorenzo Everardo, Beltrán Mendoza Edgar, Valera Zaragoza Mario</i>	97-98
Degradación del oxalato de malaquita mediante fotocátalisis en reactor batch <i>Meneces Yescas Yered Fortino, Martínez Galero Nelda Xanath</i>	99-101
Desarrollo del frontend del sistema de gestión de actividades de la Universidad del Papaloapan, usando Flutter <i>Granillo López Axel, López Rodríguez Ariel</i>	102-103
Desarrollo e implementación de un robot hexápodo con mecanismo de Theo Jansen controlado por FPGA <i>Rendón Vásquez Francisco José, Gutiérrez Zainos Francisco</i>	104-106
Diseño de equipo de laboratorio con Arduino y Python <i>Tapia Montalvo Mariana, Espejo Galicia Luis Uribe</i>	107-109
Formulación inteligente de procesos alimentarios <i>Yescas Velasco Dylan Jonam, Páramo Calderón Delia Esther, Aparicio Saguilán Alejandro, Carrillo Ahumada Jesús</i>	110-113
Memoria fotográfica	114-121

Efectos de la suplementación de aditivos alimenticios durante la etapa de reversión sexual en la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Vasquez-Vasquez Carolina¹, Vasquez-Vasquez Wilfrido¹, Nieto-Gómez José Guillermo², Alcantar-Vázquez Juan Pablo^{3*}

¹Ingeniería en Acuicultura, Universidad del Papaloapan.

²Maestría en Producción y Procesamiento Pecuário, División de Estudios de Posgrado, Universidad del Papaloapan.

³Laboratorio de Bioquímica y Mejoramiento Genética, Universidad del Papaloapan.

*email: jpalcantar@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Según la FAO [1] la contribución de la acuicultura en la seguridad alimentaria y en la nutrición ha ido aumentando mundialmente. En lo que respecta a la tilapia de Nilo, está alcanzó una producción de 5.3 millones de toneladas [2]. El éxito de la producción de la tilapia se debe a su tolerancia a altas temperaturas y a sus tasas de crecimiento rápidas, sin embargo, en cultivos mixtos, la tilapia del Nilo exhibe una maduración sexual precoz [3]. Para contrarrestar lo anterior se utilizan técnicas como la producción de poblaciones monosexo (machos) también conocida como reversión sexual [4]. Sin embargo, durante la reversión sexual y en etapas posteriores, una vez revertido el sexo, es necesario optimizar el crecimiento, mejorar las tasas de supervivencia y fortalecer la salud de los peces [5]. Los piscicultores buscan alternativas a los antibióticos en los aditivos elaborados a base de extractos naturales, ya que estos influyen en la mejora del crecimiento y cumplen una función en la supervivencia de los peces [6]. Debido a lo anterior, surge la necesidad de evaluar el desempeño de los aditivos durante el proceso de reversión sexual.

MATERIALES Y MÉTODOS

Preparación del alimento hormonado sin aditivo y con aditivo

Para preparar el alimento hormonado con y sin aditivo, se utilizó alimento comercial tipo harina Purina (53% proteína, PN53). Se utilizó una balanza analítica (VELAB, VE-300) para pesar 60 mg de 17 α -metiltestosterona (MT), la cual se disolvió en 500 ml de alcohol al 96% y se incorporó en un kg de alimento comercial. El alimento hormonado con aditivo se preparó repitiendo el proceso descrito, agregando al alimento con MT, 2 g de un aditivo a base de extracto de orégano.

Diseño Experimental

Se evaluaron cuatro tratamientos, un tratamiento control (CTL, PN53 sin hormona o aditivo añadidos). El segundo tratamiento consistió en alimento comercial hormonado tipo harina (60C, El pedregal Silver Cup, 52% proteína, 60 mg MT). El tercer tratamiento correspondió al alimento hormonado preparado manualmente (PN53 + 60 mg MT) (60MT-). Por último, el cuarto tratamiento incluyó alimento hormonado (PN53 + 60 mg MT) más el aditivo a base de extracto de orégano (2 g) (60MT+). Cada tratamiento contó con tres réplicas. Los alevines obtenidos se pesaron en una balanza digital (Ohaus, 200 $\pm$ 0.01 g) y se tomaron fotografías digitales para obtener la longitud total (ImageJ). El sistema de recirculación donde se realizó el bioensayo estuvo compuesto por 12 acuarios de acrílico de 85 L. La densidad inicial de alevines por acuario fue de 0.8 alevines L⁻¹. El fotoperiodo utilizado fue de 12 luz: 12 oscuridad.

Periodo de hormonado

El periodo de hormonado tuvo una duración de 21 días, los alevines fueron alimentados a saciedad aparente cada dos horas. Se realizaron sifoneos diarios y la temperatura se registró todos los días.

Periodo juvenil

Una vez terminado el periodo de hormonado (día 21), los juveniles se sembraron en un sistema de recirculación externo compuesto por 12 tanques de 800 L. Los juveniles se alimentaron cuatro veces al día a saciedad aparente con alimento tipo migaja (44% proteína, Purina) durante otros 21 días. Se realizaron mediciones del peso húmedo utilizando una balanza digital (Ohaus, 200 ± 0.01 g) y longitud total mediante un software digital (ImageJ®) cada 21 días. El porcentaje de supervivencia final (SF) se calculó al final del experimento.

Análisis de proporción de sexos

Para la determinación del sexo se utilizó el método de Squash propuesto por Guerrero III y Shelton [6]. Si al observar el tejido gonadal se identificaron puntos negros (espermatogonias) se clasificó como macho (Figura 1), mientras que si en el tejido se observaron células grandes y redondas (ovogonias) se clasificó como hembra (Figura 2).



Figura 1. Espermatogonias en tejido gonadal.



Figura 2. Ovogonias bajo el microscopio.

Análisis estadísticos

Se realizó un ANDEVA de una vía para analizar el peso húmedo y la longitud total. Se empleó una prueba a posteriori de Tukey. Para el análisis de la proporción de machos y la supervivencia final, se empleó una prueba de chi-cuadrada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Periodo de alevín

Los datos obtenidos en peso húmedo y longitud total se muestran en la Tabla 1. Se observaron diferencias significativas ($P < 0.05$) en el peso húmedo entre los tratamientos a partir del día 21, con el tratamiento 60C mostrando valores más altos en comparación con el grupo CTL, 60MT-, 60MT+. Al día 42, los tratamientos 60C, 60MT- y 60MT+ no presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) respecto al grupo CTL. Respecto a la longitud total, a los 21 días los resultados muestran que el grupo 60C tuvo diferencias significativas ($P < 0.05$) con respecto al tratamiento CTL, 69MT+ Y 60MT-.

MEMORIAS

COLOQUIO DEL VERANO CIENTÍFICO UNPA 2025

Tabla 1. Peso húmedo (g) y longitud total (mm) durante los 42 días de experimentación de alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con 17 α -metiltestosterona y un aditivo comercial. Promedio $\pm$ Desv. Std.

	CTL	Tratamiento 60C	60MT-	60MT+
Día 1				
PH	0.01 $\pm$ 0.00 ^a	0.01 $\pm$ 0.00 ^a	0.01 $\pm$ 0.00 ^a	0.01 $\pm$ 0.00 ^a
LT	0.77 $\pm$ 0.04 ^a	0.73 $\pm$ 0.05 ^a	0.73 $\pm$ 0.05 ^a	0.73 $\pm$ 0.05 ^a
Día 21				
PH	0.83 $\pm$ 0.22 ^a	1.13 $\pm$ 0.24 ^b	0.86 $\pm$ 0.24 ^a	0.83 $\pm$ 0.20 ^a
LT	3.62 $\pm$ 2.51 ^a	3.98 $\pm$ 3.11 ^b	3.60 $\pm$ 2.65 ^a	3.64 $\pm$ 3.00 ^a
Día 42				
PH	8.67 $\pm$ 1.72 ^a	9.25 $\pm$ 1.91 ^a	7.97 $\pm$ 1.56 ^a	7.82 $\pm$ 1.69 ^a
LT	7.47 $\pm$ 0.52 ^a	7.76 $\pm$ 0.59 ^a	7.22 $\pm$ 0.46 ^a	7.25 $\pm$ 0.53 ^a

PH: Peso húmedo; LT: Longitud Total. CTL = tratamiento control, 60C = alimento comercial hormonado, 60MT- = alimento comercial enriquecido con 60 mg de 17 α -metiltestosterona, 60MT+ = alimento comercial enriquecido con 60 mg 17 α -metiltestosterona en conjunto con un aditivo comercial.

Proporción de sexos y supervivencia final

Los resultados de la proporción de sexos y la supervivencia final se muestran en la Tabla 2. La supervivencia final observada no presentó diferencias significativas ($P < 0.05$) respecto al grupo control en ninguno de los tratamientos evaluados. Los tratamientos 60C, 60MT- Y 60MT+ mostraron una proporción de machos que se desviaban significativamente de la proporción de sexos esperada (1:1).

Tabla 2. Supervivencia final (SF) y Proporción de sexos (% Machos y % Hembras) de alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con 17 α -metiltestosterona y un aditivo comercial.

Tratamiento	% SF	% Machos	% Hembras
CTL	98	50	50
60C	97	100*	-
60MT-	99	96*	4
60MT+	99	100*	-

CTL = tratamiento control, 60C = alimento comercial hormonado, 60MT- = alimento comercial enriquecido con 60 mg de 17 α -metiltestosterona, 60MT+ = alimento comercial enriquecido con 60 mg 17 α -metiltestosterona en conjunto con un aditivo comercial.

En el presente experimento el tratamiento 60C, 60MT- Y 60MT+ mostraron un alto porcentaje de machos, esto se puede deber a la cantidad de hormona contenida ya que en los tres tratamientos la concentración de hormona fue de 60mg, destacando el 60C y 60MT+ con un porcentaje del 100% [5]. Diversos autores [7, 8, 9] probaron diferentes aditivos con resultados positivos. En contraste, en el presente estudio el aditivo extracto de orégano combinado con MT no mostró mejoras significativas en el crecimiento. Esto se puede atribuir a que la combinación del aditivo y la hormona puede generar efectos antagonistas sobre la absorción de nutrientes o actividad enzimática o a que, al ser un extracto comercial, la concentración de orégano puede variar [10].

CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos confirman la eficacia de la hormona MT como un agente de reversión sexual en la tilapia del Nilo, aunque la inclusión del aditivo a base de extracto de orégano no haya logrado mejorar el crecimiento o la supervivencia.

REFERENCIAS

- [1] FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura (2022). Hacia la transformación azul. Roma, FAO.18-19.
- [2] FAO. (2024). El estado mundial de la pesca y la acuicultura (2024). La transformación azul en acción. Roma.10-13.
- [3] El-Sayed, A-FM; Fitzsimmons, K. (2023). From Africa to the world—The journey of Nile tilapia. Reviews in Aquaculture 15, 6-21. <https://doi.org/10.1111/raq.12738>
- [4] Daza, P. V.; Parra, M. L.; Ochoa, A. S. (2005). Reproducción de los peces en el trópico. Bogotá, Colombia: INCODER (Instituto Colombiano del Desarrollo Rural Subgerencia de pesca y Acuicultura). 147-148, 150, 152.
- [5] Nieto-Gómez, J. G.; Rodríguez Estrada, U.; Juárez Barrientos, J. M.; Alcántar Vázquez, J. P.; Ramírez Ochoa, J. M.; Sánchez José, J. A. (2024). Effect of the combination of fluoxymesterone and a commercial blend of additives on the sex proportion, growth, and survival of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fry. Latin American Journal of Aquatic Research. 245-249. <https://doi.org/10.3856/vol52-issue2-fulltext-3122>
- [6] Guerrero, III, R. D.; Shelton, W. L. (1974). An Aceto–Carmines Squash Method for Sexing Juvenile Fishes. The Progressive Fish-Culturist, 56–64.
- [7] Fadel, A., Metwally, M.M.M.; Hassan, H.U.; Abdelmageed, A.A.; Arai, T.; Ahmed, M.Z.; Abdel-Aziz, M.F.A. (2024) Growth, immunomodulatory, histopathological, and antibacterial effects of phytobiotic incorporated diets on *Oreochromis niloticus* in unchanged water. Frontiers in Marine Science. 11:1473053.
- [8] Zhang, R.; Wang, X.W.; Liu, L.L.; Cao, Y.C.; Zhu, H. (2019). Dietary oregano essential oil improved immune response, digestive enzyme activity, and intestinal microbiota of koi carp (*Cyprinus carpio*). Aquaculture, 518, 734781.
- [9] Martínez-Santiago, A. (2025). Evaluación del aceite esencial de orégano mexicano *Lippia graveolens* en el crecimiento de crías de tilapia *Oreochromis niloticus* y su respuesta como antimicrobiano de bacterias patógenas de peces [Tesis de maestría, Universidad Autónoma Metropolitana].
- [10] Estrada-Godínez, J.A.; Alaníz-González, A.; Abdo-de la Parra, M.I.; Bañuelos-Vargas, M.I.; Rodríguez-Montes de Oca, G.A. (2024). Masculinization, growth and survival of tilapia *Oreochromis niloticus* using natural and synthetic aromatase inhibitors. Ecosistemas y Recursos Agropecuarios, 11(1), e3795.

Identificación de cepas microbianas aisladas de la Universidad del Papaloapan

Aldazaba Campos Azucena¹, Navarro Moreno Leticia G.^{2*}

¹Licenciatura en Ciencias Químicas; Universidad del Papaloapan.

²Instituto de Química Aplicada; Universidad del Papaloapan.

*email: lnavarro@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Los microorganismos constituyen una parte fundamental de la biosfera. Dentro de ella, las cepas microbianas están representadas por grupos compuestos de un mismo tipo de microorganismo que comparten características genéticas y fenotípicas específicas, lo que permite diferenciarlas y estudiarlas de manera individual. La identificación de los microorganismos ayuda a entender su diversidad, sus funciones ecológicas, las posibles aplicaciones biotecnológicas y, en algunos casos, el impacto en la salud de humanos, animales y plantas. Dentro de los ecosistemas, los microorganismos pueden encontrarse en la tierra, el aire, el agua y las superficies. El suelo es hogar de una gran variedad de bacterias, hongos y actinobacterias. Estos grupos juegan un papel en la circulación de los nutrientes, la descomposición de materia orgánica y la formación de simbiosis con las plantas, lo cual influye en la fertilidad y salud del ecosistema terrestre. Aun cuando el aire presenta menos biomasa, este puede transportar esporas, bacterias y virus que pueden viajar grandes distancias. Ellos pueden afectar procesos atmosféricos, actuar como bioindicadores de contaminación o incluso ser vectores de enfermedades. En los cuerpos de agua como ríos, lagos, mares y aguas subterráneas se encuentran hábitats dinámicos de comunidades microbianas que participan en la purificación natural del agua, el ciclo del carbono y la producción primaria, sin embargo, también pueden ser el hogar de patógenos que son importantes para la salud pública. Desde materiales inertes hasta tejidos vivos, las superficies ofrecen microhábitats donde los microorganismos pueden adherirse, formar biopelículas y desarrollar interacciones complejas. Es importante destacar que estos entornos albergan una gran variedad de microorganismos que juegan un papel fundamental en los ecosistemas, además de despertar un creciente interés científico por su potencial en el ámbito de la salud [1].

MATERIALES Y MÉTODOS

Toma de muestras

Se prepararon medios de transporte estériles los cuales fueron inoculados con muestras de diferentes espacios localizados dentro de la Universidad del Papaloapan Campus Tuxtepec: biblioteca, baños, oficinas de servicios escolares, tomas de agua y tierra de diferentes zonas de la universidad. Se trasladaron al laboratorio de microbiología y se incubaron por tres horas antes de ser inoculadas.

Aislamiento y cultivo. Se prepararon medios tanto sólidos como líquidos para hongos, levaduras y bacterias. Las muestras recolectadas, fueron inoculadas en cajas Petri en condiciones asépticas. Después del periodo de incubación, se seleccionaron colonias con morfologías distintas. Cada colonia fue transferida a nuevos medios sólidos para obtener cultivos puros evitando cualquier contaminación cruzada. Como una selección primaria se eligieron colonias aisladas con morfologías homogéneas, sin contacto con otras. A estas se les realizaron frotis para observación sin y con Tinción de Gram. En el caso de los hongos se observaron primero por el microscopio y después se realizaron microcultivos para promover el desarrollo de estructuras reproductivas y vegetativas de los microorganismos seleccionados.

Caracterización Fisiológica, Bioquímica y Microbiológica

Cada colonia seleccionada fue inoculada en medios diferenciales y selectivos (Pruebas bioquímicas) para evaluar sus características fisiológicas y su capacidad de crecimiento en condiciones específicas.

Pruebas de Resistencia

Las colonias seleccionadas e identificadas como bacterias fueron expuestas a concentraciones específicas de metales pesados (Pb, Cd, Hg, Cr) en medios sólidos, para evaluar su capacidad de crecimiento y tolerancia, mediante la técnica de difusión en disco (Kirby-Bauer). Las concentraciones utilizadas de metales pesados fueron 3.125, 6.25, 12.5, 25 y 50 mM. La misma técnica fue utilizada para realizar el antibiograma para completar el perfil de resistencia antimicrobiana de cada cepa. Los antibióticos fueron los siguientes: usados a las concentraciones farmacológicas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante la observación al microscopio, tinciones, crecimiento en medios selectivos, microcultivo y la exposición a metales pesados, se pudieron identificar presuntamente algunos géneros de bacterias y hongos en las muestras seleccionadas. La figura 1 presenta las imágenes relacionadas. La muestra procedente del lavadero de la cafetería presentó Enterobacterias y *Estafilococo aureus* (1A,1B). En la muestra de tierra cerca del auditorio se identificaron enterobacterias y *Penicillium purpurógenum* (2A,2B). En la ventanilla de servicios escolares, se detectaron coliformes fermentadores de glucosa, *Estafilococo aureus* y *Aspergillus flavus* (3A,3B). En las dos zonas de muestreo de la biblioteca se detectaron *Escherichia coli*, *Estafilococo aureus* (4A,4B) y *Aspergillus niger* (5A,5B).

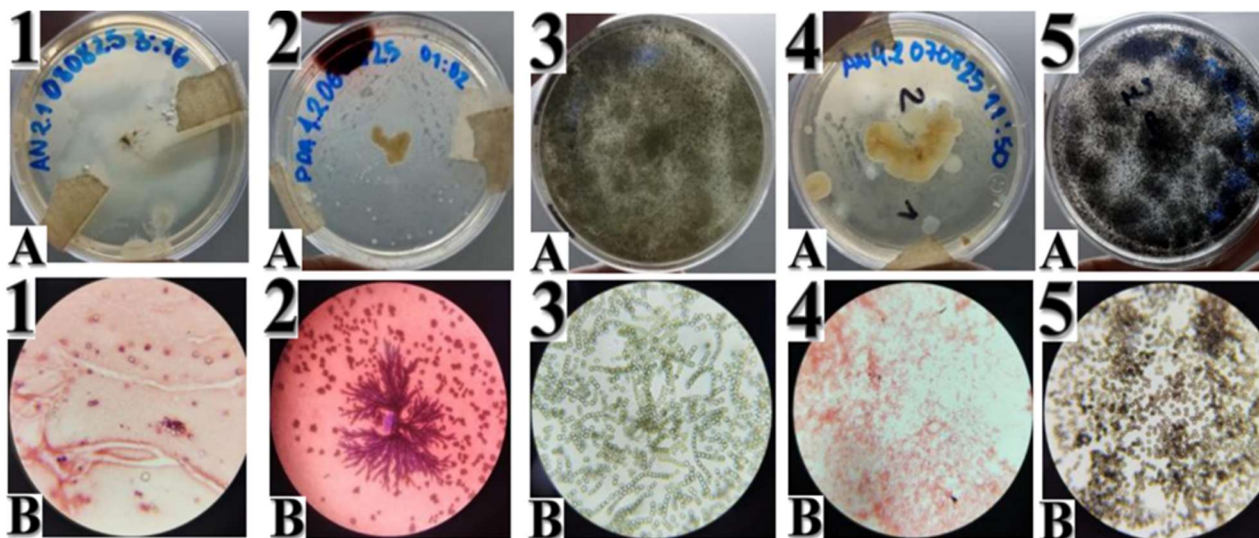


Figura 1. Microorganismos detectados en 1) lavadero de la cafetería, 2) Tierra cerca del auditorio, 3) ventanilla de servicios escolares, y 4) en la biblioteca de la Universidad del Papaloapan (Fotos propiedad de la autora).

En relación con la exposición a metales pesados, los resultados revelaron la formación de halos de inhibición de diferentes diámetros en presencia de cadmio, mercurio y cromo en función de la concentración y del microorganismo. Los cinco microorganismos identificados mostraron resistencia a todas las concentraciones de plomo. *Aspergillus niger* toleró las concentraciones de cadmio y *Aspergillus flavus* mostró tolerancia a 25 mM de este metal. Los demás microorganismos mostraron tolerancia hasta 3.125 mM de los cuatro metales. Lo anterior indica que los microorganismos pueden expresar mecanismos de tolerancia a plomo y a cadmio, que les permitieron vivir en presencia de estos metales. La presencia de una inhibición generalizada, por parte de los metales Cd, Hg t Cr respalda la toxicidad de los metales sobre las cepas ambientales, aunque el tamaño de los halos indica que hay variaciones en el grado de sensibilidad. La tabla 1 muestra los resultados obtenidos.

MEMORIAS

COLOQUIO DEL VERANO CIENTÍFICO UNPA 2025

En cuanto al antibiograma, las dos bacterias presentaron resistencia a los macrólidos (eritromicina y claritromicina) y a los betalactámicos (cefixima, cefalexima, y amoxicilina) de espectro reducido. Por otro lado, los microorganismos fueron sensibles a los aminoglucósidos (amikacina) y a quinolonas (ciclofloxacino y norfloxacino). La tabla dos muestra los resultados.

Se sabe que los antibióticos tienen acciones sobre los procesos metabólicos de las bacterias, sin embargo, se decidió probar los diferentes compuestos en los tres hongos aislados y se observó que los tres fueron sensibles a amikacina, ciclofloxacino y norfloxacino. Lo anterior se podría deber, posiblemente por el mecanismo de acción de los antibióticos mencionados ya que, en general su efecto se relaciona con la inhibición de la síntesis de proteínas.

Tabla 1. Efecto de la exposición a metales pesados y antibiograma de las cepas de microorganismos aislados de diferentes zonas de la Universidad del Papaloapan.

	<i>Estafilococo aureus</i>	<i>Penicillium purpugerógenum</i>	<i>Aspergillus flavus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Aspergillus niger</i>
Concentración inhibitoria de los Metales Pesados					
Plomo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Cadmio	3.125 mM	3.125 mM	25mM	3.125 mM	Negativo
Mercurio	3.125 mM	3.125 mM	3.125 mM	3.125 mM	3.125 mM
Cromo	3.125 mM	3.125 mM	3.125 mM	3.125 mM	3.125 mM
ANTIBIOTICOS					
Cefixima	Resistente			Resistente	
Cefalexima	Resistente			Resistente	
Eritromicina	Resistente			Resistente	
Amoxicilina	Resistente	*	*	Resistente	*
Amikacina	Sensible			Sensible	
Claritromicina	Resistente			Resistente	
Ciclofloxacino	Sensible	*	*	Sensible	*
Metronidazol	ND			ND	
Tetraciclina	ND			ND	
Sulfametoxazol, Trimetropima	ND			ND	
Norfloxacina	Sensible	*	*	Sensible	*

CONCLUSIÓN

Las muestras analizadas revelaron la presencia de bacterias como *Escherichia coli*, *Enterobacteria spp.* y *Staphylococcus aureus* [2], además de hongos como *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus* y *Penicillium purpugerógenum*. [3] y otros filamentosos no identificados. La variedad microbiana fue muy amplia. También se encontraron consorcios microbianos que fueron muy difíciles de aislar de forma pura, estos se encontraban formados por bacterias, hongos y

otros microorganismos. Lo anterior se relaciona con las muestras obtenidas, las cuales incluyeron tierra, agua y aire. Se sabe que los microorganismos pueden existir en todos lados y que pueden vivir de forma libre o formando agrupaciones microbianas, las cuales les proporcionan beneficios y facilitan su desarrollo. En la tabla 1 se muestra que el efecto de tres antibióticos no fue posible ya que los resultados eran variables, lo que se puede explicar por el hecho de que los microorganismos no formaron colonias puras. Lo anterior se observó tanto en las pruebas bioquímicas como en los ensayos de exposición a metales pesados y antibiograma. La detección de cultivos mixtos explica algunas inconsistencias bioquímicas y resalta la necesidad de purificación para lograr identificaciones más confiables.

Las pruebas de difusión en disco con metales pesados, mostraron sensibilidad a cadmio, mercurio y cromo, pero tolerancia al plomo, lo cual puede reflejar la existencia de diferentes mecanismos de resistencia, los que dependerán del tipo de metal y de la especie bacteriana. La sensibilidad a cadmio también fue vista en uno de los hongos del género *Aspergillus*, de igual manera se observó la tolerancia a una concentración más elevada del metal en el otro *aspergillus*. La tolerancia a los demás metales alcanzó la concentración de 3.125 nM. Estos resultados reflejan la diversidad microbiana ambiental y la capacidad adaptativa de las cepas frente a agentes antimicrobianos y contaminantes [4].

Los microorganismos juegan papeles importantes para los demás seres vivos, es por ellos que su estudio es de gran importancia, en el caso de los resultados obtenidos se puede ver que se trata de, cuando menos tres. microorganismos que tiene efectos en la salud de los seres vivos. Estos son resistentes a varios antibióticos y, de igual manera a los metales de forma dosis dependiente. Estos datos son importantes ya que podría tratarse de microbios con características de resistencia muy importantes.

REFERENCIAS

- [1] Seguí, P. (2024, 10 agosto). Ecosistemas; tipos, flora, fauna y características. OVACEN.
- [2] Velasco, R. G. (2004). Manual de Prácticas Bacteriología. Ciudad de México: UNAM.
- [3] Velasco, R. G. (2012). Manual de Bacteriología Experimental. Ciudad de México: UNAM.
- [4] Gutiérrez-Cárdenas, O.G.; Navarro-Ibarra, L.F.; Loeza-Lara, P.D.; del Río-Rodríguez, O.G.; Jiménez-Mejía, R. (2017). Perfiles de resistencia a antibióticos y metales pesados en *Pseudomonas aeruginosa* potencialmente patógenas aisladas de agua de uso agrícola. *Nova Scientia* 9 (19), 1-25.

Efecto del inductor sobre la producción y viabilidad de conidios de *beauveria bassiana* en fermentación líquida

Silva Onofre Nahomi¹, Luis Corrales Laura², García Gómez María De Jesús^{3*}, Núñez Gaona Oscar^{3*}

¹Ingeniería en Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

²Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

* email: oscarznzg@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El uso excesivo de plaguicidas ha dañado el ambiente y generando resistencia en plagas. Como alternativa, los hongos entomopatógenos, como *Beauveria bassiana*, son útiles en el manejo integrado de plagas al controlar artrópodos [1]. Este hongo infecta más de 200 especies, con un ciclo que incluye una fase patogénica (infección) y una saprofítica (crecimiento sobre el cadáver). La infección ocurre cuando la espora se adhiere al insecto, germina, penetra la cutícula y produce toxinas que destruyen su sistema inmunológico, causando la muerte, tras lo cual el hongo crece y se multiplica sobre el insecto muerto [2].

En fermentación en medio líquido (FML), el hongo se cultiva en un medio acuoso con nutrientes agitados para mantener la homogeneidad. Factores como temperatura, pH, agitación, aireación, edad y tamaño del inóculo, y disponibilidad de nutrientes afectan el crecimiento. Este medio, no natural para el hongo, genera estrés, lo que induce la producción de metabolitos como toxinas y enzimas que degradan el sustrato y facilitan su desarrollo [3].

MATERIALES Y MÉTODOS

Se inocularon cepas de *Beauveria bassiana* en medio SDA y se incubaron durante 20 días a 26°C. Después de este tiempo se obtuvieron suspensiones de esporas o conidios, las concentraciones de estas suspensiones se determinaron empleando una cámara de Neubauer y un microscopio óptico, obteniendo concentraciones de 1×10^6 conidios/mL, que se conservaron en refrigeración a 2-4 °C. Se prepararon matraces con 100mL de SBD y extracto de levadura, uno como blanco y 4 más con inductores en diferentes proporciones (50%-25%) formando como peso total 4g, se incubaron durante 20 días a 26°C con agitación intermitente a 180rpm en incubadora orbital, después de ese tiempo las muestras de la fermentación se filtraron al vacío empleando filtros de papel (No. 2) a peso constante, posteriormente los filtros se colocaron en un horno a 60°C durante 24 horas. Después los filtros se pesaron y se determinó la cantidad de biomasa por una diferencia de peso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se logró el crecimiento de *Beauveria bassiana* tanto en cajas Petri como en fermentación líquida. Obtuvimos una concentración de 1×10^6 conidios/mL en suspensiones extraídas de cajas inoculadas, las fermentaciones líquidas tuvieron una producción de biomasa promedio de 0.66155g y concentraciones de 1×10^7 conidios/mL.

Durante el crecimiento de *Beauveria bassiana* en cajas Petri como en medio acuoso se tuvo la presencia de oosporeina, el cual es un pigmento rojo producido por el mismo hongo, en condiciones de estrés como lo fue en la fermentación líquida se produjo de manera excesiva, lo que nos muestra que, a mayor cantidad de estrés, mayor producción de oosporeina.

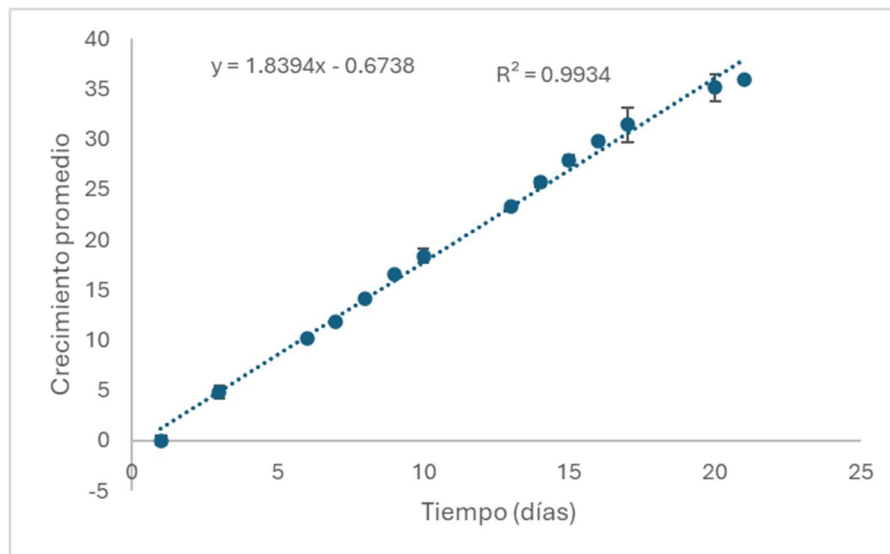


Figura 1. Gráfica de crecimiento *Beauveria bassiana*.



Figura 2. Cultivo de *Beauveria bassiana*.



Figura 3. Producción de Oosporeina en medio sólido.

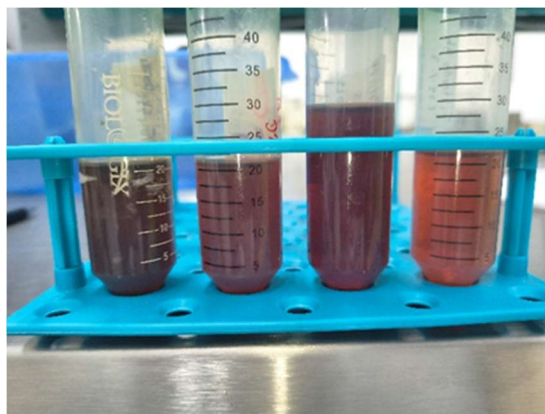


Figura 4. Producción de Oosporeína en FL.

CONCLUSIÓN

El uso de inductores en la fermentación líquida de *Beauveria bassiana* favoreció significativamente la producción y viabilidad de conidios obteniendo concentraciones de 1×10^7 conidios/mL, además de estimular una alta síntesis de oosporeína. Este resultado evidencia que la aplicación de inductores no solo mejora el crecimiento del hongo, sino que también potencia la producción de metabolitos secundarios con actividad biológica relevante. La oosporeína obtenida representa un indicador de un metabolismo activo y una respuesta adaptativa del hongo frente al medio de cultivo, contribuyendo al fortalecimiento de su acción entomopatógena.

REFERENCIAS

- [1] INTAGRI S.C. (2016). *Beauveria bassiana* en el control biológico de patógenos (Serie Fitosanidad, Núm. 38). Artículos Técnicos de INTAGRI. México.
- [2] Urbina Campos, M.A.; Ruíz Suárez, Y. (s. f.). *Beauveria bassiana: Un hongo bioinsecticida*. Saber Más, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- [3] Jiménez, S.E. (2016). *Producción de quitinasas en cultivo líquido con hongos entono y fitopatógenos, utilizando tres fuentes de quitina como inductor* (Tesis de maestría, Universidad del Papaloapan).

Preparación histológica de tejido nervioso animal y técnicas de tinción

Rascón Galán Francisco Javier¹, Díaz Sánchez Lidia ², Torres Ramírez Nayeli³, Vázquez Cuevas Francisco Gabriel⁴, Martínez Ramírez Angélica Sofía², Franco Fabián Rocío Guadalupe^{1*}

¹Licenciatura en Medicina, Universidad del Papaloapan.

²Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

³Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.

⁴Instituto de Neurobiología, Universidad Nacional Autónoma de México.

*email: rfranco@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo, se presentaran los procedimientos por los que paso el tejido nervioso de origen murino para ser observable al microscopio; con el objetivo de comprender, aprender la técnica histológica y lograr observar las características celulares de dicho tejido para su estudio, además de que con las imágenes obtenidas de las muestras, se estará generando material para crear un atlas virtual con fines didácticos y educativos referente a la histología de tejido animal, para libre acceso al alumnado de la institución.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tabla1: procedimiento.

Procesador de tejidos	Centro de inclusión de tejidos	Microtomo	Baño maría	Celdas de plástico	Moldes de plástico	Tacos de apoyo	Portaobjetos	Cubreobjetos
Formalina 3-10%	Etanol (desde 50 a 100%)	Xileno	Agua destilada	Hematoxilina de Harris (0.01-0.05%)	Eosina (0.2%)	Azul de Anilina (0.05%)	Medio de montaje	

Técnica histológica

1. Obtener la muestra de tejido y fijar en formalina al 3-10% por al menos 24 h. (recomendable 48 h).
2. Cortar los tejidos a procesar con un tamaño menor a 0.5 cm y colocarlos dentro de celdas de plástico.
3. En el Procesador de tejidos, pasar la muestra en Etanol creciente (de 60% hasta 90%) por 20 mi. c/u [1].
4. Pasar por Etanol 100%, Xilol / Etanol (50% y 50%) y Xilol absoluto por una hora c/u.
5. Pasar por Parafina por 2 h.
6. Una vez terminado extraer las celdas, para luego separar los tejidos y colocarlos en moldes.
7. En los moldes con tejido, verter parafina utilizando el Centro de Inclusión de tejidos y dejar enfriar, formando un bloque de parafina.
8. Adherir los bloques de apoyo al bloque de parafina.
9. Fijarlo al microtomo para realizar cortes con la hoja.
10. Colocar los cortes en baño de flotación a 38 °C para extenderlos.
11. Recoger o pescar en portaobjetos preparados con solución adherente mantener a 38 °C [2].
12. Dejar reposar por al menos de 12 a 24 horas, luego estarán listos para tefirse.

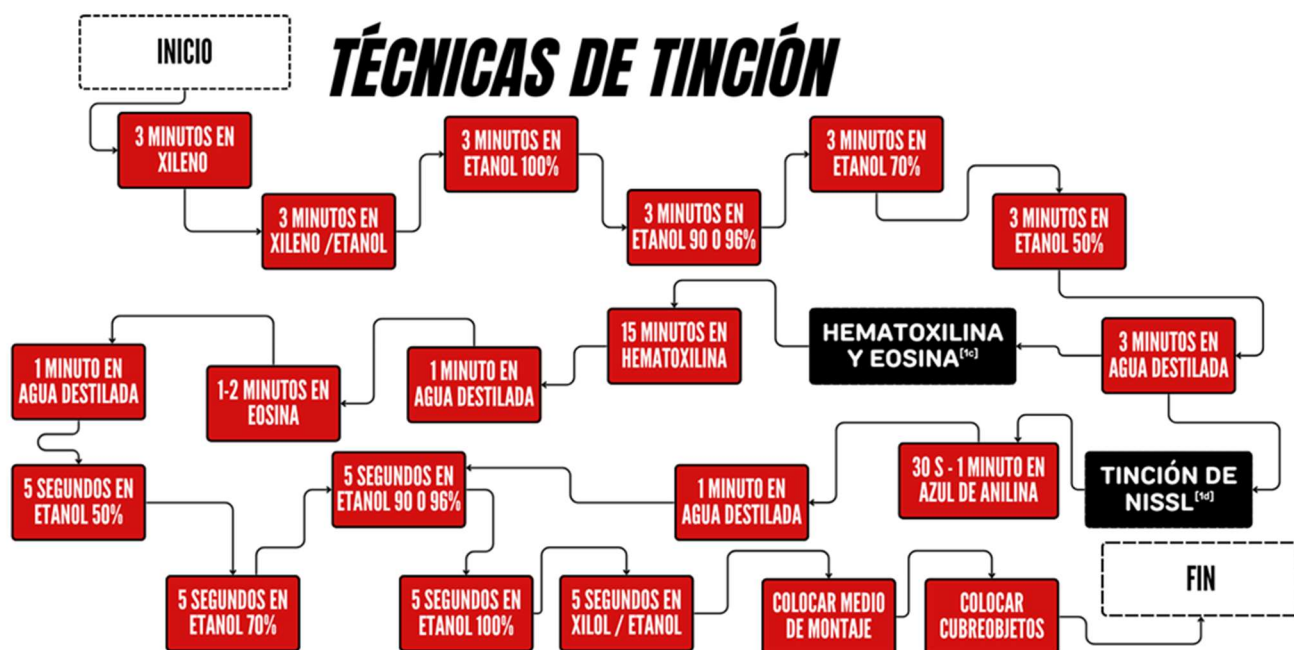


Figura 1. Técnicas de Tinción en tejido nervioso y montaje

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las tinciones realizadas fueron Hematoxilina y Eosina y Tinción de Nissl, ambas útiles para teñir tejido nervioso, como el cerebelo, porque permiten distinguir a las neuronas [3], a continuación, se presenta una tabla el tono que algunas estructuras toman:

Tabla 2: Coloración de estructuras [4].

Tinción	Colorantes	Núcleos	Citoplasma	Colágeno	Glóbulos rojos
Hematoxilina y Eosina	Hematoxilina y Eosina	Violeta	Rosa o anaranjado	Rosa pálido o anaranjado	Rojo o anaranjado
Tinción de Nissl	Azul de anilina, azul de metileno o violeta de cresilo	Azul oscuro	Azul muy claro	No se tiñe	Azul oscuro

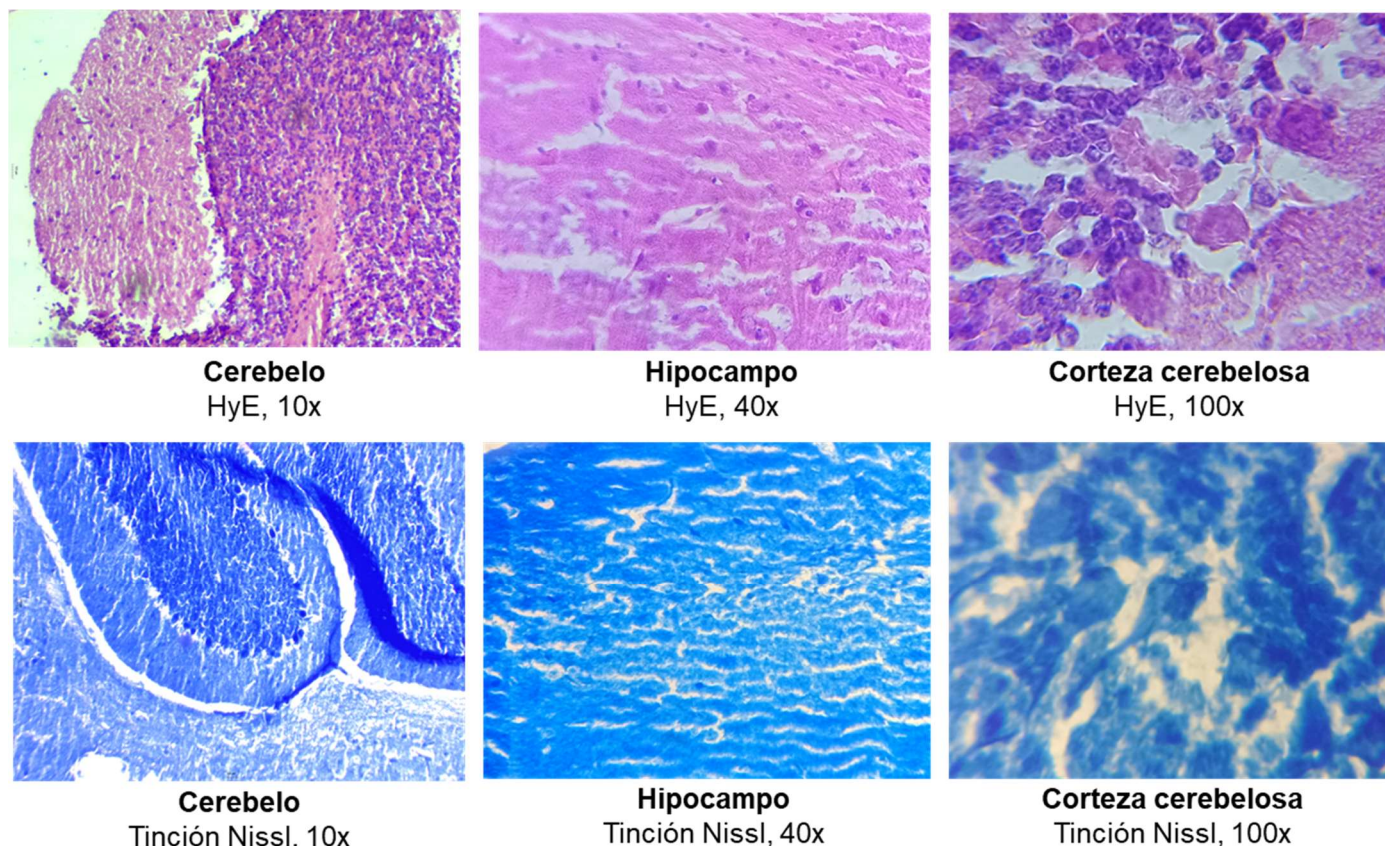


Figura 2. Imágenes de algunos cortes histológicos.

CONCLUSIÓN

En resumen, fui capaz de entender mejor el tejido nervioso al haber aprendido y comprendido el proceso de la técnica histológica y de ciertas tinciones que me permitieron la observación del tejido en el microscopio, observando su organización y morfologías, entendiendo que aquellas células se encuentran en dichas ubicaciones por un simple y específico propósito, mantenernos vivos.

REFERENCIAS

- [1] Pombal, M.M.P.M.M.Á. (s. f.-a). Técnicas Histológicas. Protocolos. Preparación de alcoholes. Atlas de Histología Vegetal y Animal. <https://mmegias.webs.uvigo.es/6-tecnicas/protocolos/s-alcohol.php>.
- [2] Pombal, M.M.P.M.M.Á. (s. f.-c). Técnicas. Protocolos y recetas. Portas adhesivas. Atlas de Histología Vegetal y Animal. <https://mmegias.webs.uvigo.es/6-tecnicas/protocolos/p-portas-gelatina.php>.
- [3] Ross, M.; Pawlina, W. (2015). Histología Texto y Atlas: Correlación con biología molecular y celular. 7 ed. Barcelona, España: Wolters Kluwer 2015. 1052 p.
- [4] Brusco, H.A.; López Costa, J.J.; Loidl, F.; Bellingeri, M.; Caltana, L.; Locaso, F.; Sánchez, V. (2025). Histología médico-práctica (2.^a ed.). Editorial Médica Panamericana.

Mecanosíntesis de vinilfosfonatos

Mendoza Velasco Roberto Carlos¹, Hernández González María Guadalupe², Ramírez Marroquín Oscar Abelardo^{3*}

¹Ingeniería en Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

²Maestría en Ciencias Químicas, Universidad del Papaloapan.

³Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Química Aplicada, Universidad del Papaloapan.

* email: oramirez@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Los vinilfosfonatos son una clase de compuestos caracterizados por la presencia de un grupo vinilo ($-\text{CH}=\text{CH}-$) unido directamente a un grupo fosfonato ($-\text{PO}_3\text{H}_2$ o sus derivados). Esta combinación estructural les confiere una doble funcionalidad química: por un lado, el grupo vinilo permite su participación en reacciones de polimerización, mientras que el grupo fosfonato aporta propiedades únicas como la capacidad de formar enlaces fuertes con superficies metálicas, resistencia térmica y comportamiento hidrofílico [1].

Algunos vinilfosfonatos se usan como intermediarios para sintetizar fosfonatos con actividad fungicida o como reguladores del crecimiento vegetal, similares al fosfonato potásico que activa defensas naturales en plantas.

El enlace carbono-fósforo es muy estable, lo que permite que estos compuestos resistan condiciones extremas sin degradarse fácilmente. Esto es útil en formulaciones agrícolas duraderas y sostenibles [2].

Los vinilfosfonatos también tienen aplicaciones médicas emergentes y prometedoras. Por ejemplo, algunos vinilfosfonatos se han estudiado como inhibidores irreversibles de enzimas, al formar enlaces covalentes con residuos activos en proteínas. Esto es útil en el tratamiento de enfermedades infecciosas o algunos tipos de cáncer [3].

Los grupos fosfonato aumentan la hidrofiliidad y la biocompatibilidad de los materiales, lo que los hace adecuados para aplicaciones como recubrimientos de implantes o matrices para ingeniería de tejidos.

Adicionalmente, los vinilfosfonatos pueden usarse como agentes de contraste en técnicas de imagen como PET (tomografía de emisión de positrones, por sus siglas en inglés) o MRI (resonancia magnética de imagen, por sus siglas en inglés), especialmente en estudios del cerebro⁶. Por lo tanto, en este verano científico se sintetizaron vinilfosfonatos con potencial actividad farmacológica.

MATERIALES Y MÉTODOS

En todas las reacciones se utilizó un equivalente sintético del reactivo metilendifosfonato de tetraetilo, 1.1 equivalentes de terbutóxido de potasio como base, y 1.1 equivalentes de un aldehído aromático (Reacción de Horner-Wadsworth-Emmons), de acuerdo con la siguiente ecuación química. La mezcla de reacción se sometió a molienda manual por 5 minutos en un mortero de porcelana con pistilo, sin disolvente. El avance de la reacción se monitoreó mediante cromatografía en capa fina. El producto obtenido fue purificado mediante cromatografía en columna utilizando mezclas de hexano y acetato de etilo como eluyentes. Todos los compuestos fueron caracterizados mediante punto de fusión - en productos sólidos-, RMN-¹H (resonancia magnética nuclear de hidrógeno) y RMN-¹³C (resonancia magnética nuclear de carbono).

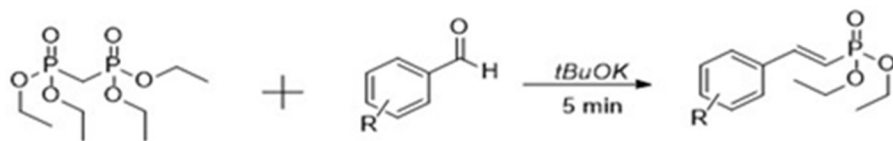


Figura 1. Reacción general.

	R
Rxn1	O ₂ N
Rxn3	N
Rxn 4	
Rxn 5	

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los productos obtenidos fueron aceites de color amarillo, excepto el compuesto **1** que fue sólido y tuvo un punto de fusión de 102.9 a 104.6 ° C. Los rendimientos de reacción fueron de 19% a 85%. En la reacción 3, 4 y 5, nos indicaba que después de la molienda aparentemente nuestros productos ya estaban totalmente libres de la presencia de aldehídos, pero aun así se requirió de purificarlos en la columna para poder descartar alguna impureza. En la figura 1 se presenta el espectro de RMN-¹H del compuesto purificado **1**, que presentó todas las señales esperadas para el compuesto. Los productos purificados **1-5** serán evaluados como agentes antiproliferativos en cultivos de líneas celulares de cáncer.

Tabla 1. Vinilfosfonatos 1-5 sintetizados.

No. Reacción	Estructura	Rendimiento
Reacción 1		---
Reacción 2		Rxn 2.1= 19% Rxn 2.2= 74%
Reacción 3		55%
Reacción 4		38%
Reacción 5		Por lavado= 85% Cromatografía= 57%

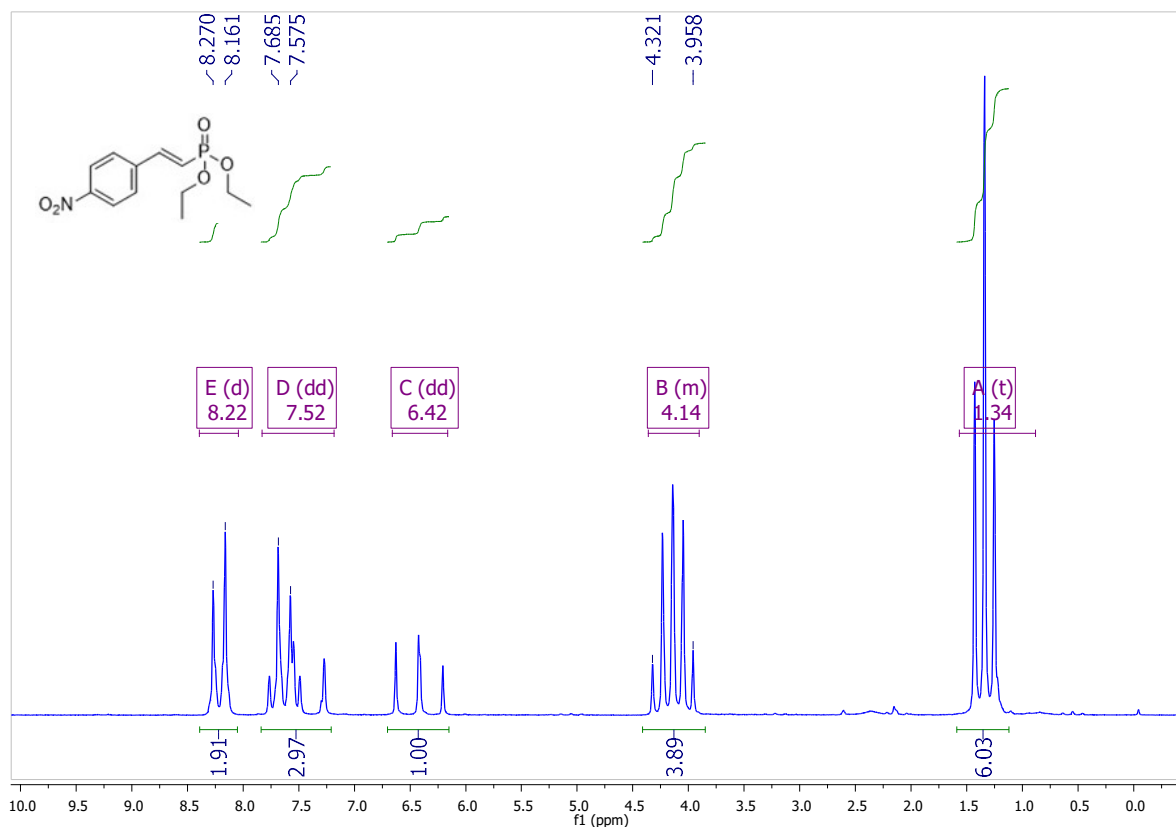


Figura 2. Espectro de RMN-¹H del producto 1.

CONCLUSIÓN

Todas nuestras muestras que fueron llevadas a caracterización mostraron que nuestros productos se formados correctamente con el método de síntesis que se utilizó.

Además de haber adquirido nuevos conocimientos que me permitieron interactuar de manera adecuada en un laboratorio de investigación, también obtuve conocimiento sobre métodos de síntesis y caracterización de compuestos orgánicos que fortalecerán mi formación académica y profesional.

REFERENCIAS

- [1] Haraszti, R.A.; Roux, L.; Coles, A.H.; Turanov, A.A.; Alterman, J.F.; Echeverria, D.; Godinho, B.M.D.C.; Aronin, N.; Khvorova, A. (2017). 5'-Vinylphosphonate improves tissue accumulation and efficacy of conjugated siRNAs in vivo. *Nucleic Acids Research* 45 (13), 7581-7592. <https://doi.org/10.1093/nar/gkx507>
- [2] Laboratorio Calitec. (s.f.). Ácido fosfónico y cómo influye en el sector ecológico. Recuperado de <https://laboratoriocalitec.com/acido-fosfonico-y-como-influye-en-el-sector-ecologico/>
- [3] HSPChem. (s.f.). Beta-methyl vinyl phosphate (MAP), CAS 90776-59 [página web]. Recuperado de <https://www.hspchem.com/apis-and-intermediates/beta-methyl-vinyl-phosphate-map-cas-90776-59.html>

Complejos simpliciales y una aplicación introductoria en ciencia de datos

López Ortega Víctor Jared¹, Kantún Montiel Aura Lucina², Méndez Salinas Víctor Manuel², Rojas Carrasco Anahí^{2*}

¹Licenciatura en Matemáticas Aplicadas, Universidad del Papaloapan.

²Instituto de Agroingeniería, Universidad del Papaloapan.

*email: arojas@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el análisis de datos se ha consolidado como una herramienta esencial en la generación de conocimiento en diversas áreas, desde la biología y la ingeniería hasta las ciencias sociales. Su propósito es descubrir patrones, relaciones y estructuras ocultas en grandes volúmenes de información. No obstante, muchos conjuntos de datos reales presentan formas no lineales o estructuras complejas –como agrupamientos, ciclos o vacío– que no pueden capturarse adecuadamente mediante métodos estadísticos tradicionales.

La topología algebraica ofrece un marco adecuado para estudiar estas propiedades globales a través de invariantes topológicos¹. En particular, los complejos simpliciales constituyen una herramienta fundamental, pues permiten representar relaciones geométricas y de proximidad entre puntos de un conjunto de datos mediante objetos que son computacionalmente manejables^{2,3}. Este trabajo tiene como objetivo presentar una introducción accesible a los complejos simpliciales, ilustrando su construcción y aplicación básica en el contexto de la ciencia de datos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con el propósito de establecer las bases formales del estudio, en esta sección se presentan las definiciones fundamentales que permitieron construir y comprender los complejos simpliciales. Estas nociones constituyen el marco metodológico desde el cual se exploró su aplicación al análisis de datos.

En primer lugar, se introdujeron los conceptos de combinación convexa y envoltura convexa, que permitieron formalizar la idea de regiones generadas por puntos en un espacio euclidiano.

Definición 1: Sean $u_0, u_1, \dots, u_k$ puntos en $\mathbb{R}^n$. Un punto $x = \sum_{i=0}^k \lambda_i u_i$, con cada $\lambda_i \in \mathbb{R}$, es una combinación afín de $u_0, u_1, \dots, u_k$ si $\sum_{i=0}^k \lambda_i = 1$. La envoltura afín es el conjunto de todas las combinaciones afines.

Definición 2: Sean $u_0, u_1, \dots, u_k$ puntos en $\mathbb{R}^n$. Una combinación afín $x = \sum_{i=0}^k \lambda_i u_i$, se dice que es una combinación convexa si $\lambda_i \geq 0$ para cada $1 \leq i \leq k$. Al conjunto de todas las combinaciones convexas se le llama envoltura convexa.

Posteriormente, se definió el concepto de puntos afinmente independientes, condición esencial para construir símlices bien definidos.

Definición 3: Se dice que los puntos $u_0, u_1, \dots, u_k \in \mathbb{R}^n$ son afinmente independientes si se cumple que: dos combinaciones afines $x = \sum_{i=0}^k \lambda_i u_i$ y $y = \sum_{i=0}^k \mu_i u_i$ son iguales si y sólo si $\lambda_i = \mu_i$, para cada $1 \leq i \leq k$.

A partir de estos elementos, se establecieron las nociones de k -símplex, cara y cara propia, las cuales describen las unidades geométricas básicas que conforman un complejo simplicial.

Definición 4: Un k -símplex es la envoltura convexa de $k + 1$ puntos afinmente independientes $u_0, u_1, \dots, u_k$ de $\mathbb{R}^n$. Denotaremos a este conjunto como

$$\sigma = \text{conv}\{u_0, u_1, \dots, u_k\}.$$

Se emplean nombres particulares para los primeros casos: vértice (0-símplice), arista (1-símplice), triángulo (2-símplice) y tetraedro (3-símplice).

Definición 5: Sea $\sigma = \text{conv}\{u_0, u_1, \dots, u_k\}$ un k -símplice. Una cara de σ es la envoltura convexa de un subconjunto no vacío, A de $\{u_0, u_1, \dots, u_k\}$, y ésta es propia si el subconjunto A es un subconjunto propio de $\{u_0, u_1, \dots, u_k\}$.

Si τ es una cara de σ , escribiremos $\tau \leq \sigma$, y $\tau < \sigma$, si τ es una cara propia de σ .

Finalmente, se presentó la definición formal de complejo simplicial, entendido como una colección finita de símplices que satisface condiciones de cierre bajo inclusión de caras y de intersección.

Definición 6: Un complejo simplicial es una colección finita de símplices, K , que satisface las siguientes propiedades:

1. si $\sigma \in K$ y $\tau \leq \sigma$, entonces $\tau \in K$,
2. si $\sigma, \sigma_0 \in K$, entonces $\sigma \cap \sigma_0 = \phi$ o $\sigma \cap \sigma_0 \leq \sigma$ y $\sigma \cap \sigma_0 \leq \sigma_0$.

Este marco teórico-metodológico proporcionó los elementos necesarios para representar estructuras discretas a partir de conjuntos finitos de puntos, lo que permitió estudiar sus propiedades geométricas y topológicas en el contexto del análisis de datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para ejemplificar la aplicación de los complejos simpliciales en el análisis de datos, se consideró un conjunto finito de puntos en el plano $\mathbb{R}^2$, v_0, v_1, v_2 . A cada punto se le asoció una bola de radio fijo, y las intersecciones entre ellas determinaron las relaciones de proximidad que dieron origen al complejo simplicial correspondiente.

- En un primer paso, cada punto constituyó un 0-símplice.
- Al unirlos dos a dos se generaron los 1-símplices.
- Finalmente, los tres puntos en conjunto formaron un 2-símplice, es decir un triángulo.

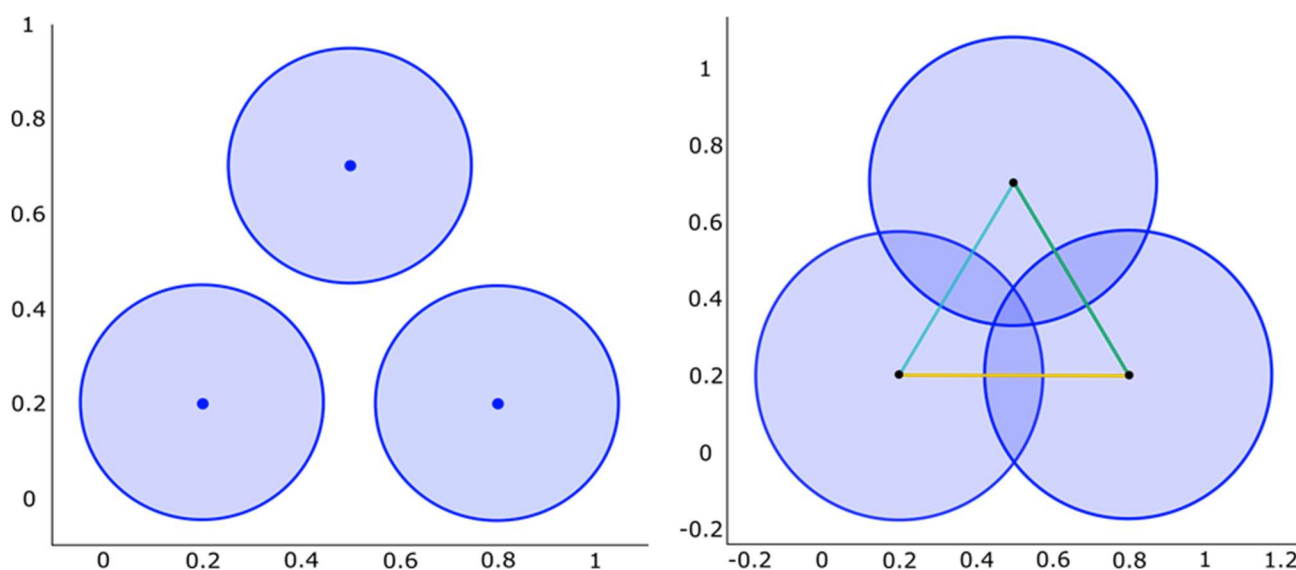


Figura 1. Construcción de complejos simpliciales a partir de una nube de puntos. A la izquierda, con un radio pequeño, las bolas alrededor de cada punto no se intersectan y sólo aparecen vértices aislados. A la derecha, con un radio mayor, las intersecciones generan aristas y triángulos, formando un complejo simplicial que refleja la estructura de los datos.

De esta forma, el conjunto v_0, v_1, v_2 dio lugar a un complejo simplicial que consta de tres vértices, tres aristas y un triángulo.

De este modo, una nube de puntos pudo transformarse en un complejo simplicial, y su análisis permitió descubrir patrones en los datos. La ventaja de este enfoque es que estudiar datos se convirtió en estudiar propiedades topológicas, como la conectividad o la persistencia de ciclos, lo que brindó un marco teórico claro y a la vez herramientas prácticas para la ciencia de datos.

En casos más generales, cuando los datos consisten en colecciones grandes de puntos en espacios métricos de mayor dimensión, el mismo procedimiento se extiende para obtener representaciones discretas que sirven como base para cálculos topológicos más avanzados, tales como la homología simplicial y la homología persistente.

CONCLUSIÓN

Este trabajo presentó una introducción formal y visual al uso de los complejos simpliciales en el análisis de datos. A partir de definiciones fundamentales y un ejemplo ilustrativo, se mostró cómo estas construcciones permiten representar relaciones geométricas y de proximidad entre los puntos de un conjunto de datos, ofreciendo una forma discreta de analizar su estructura. El ejemplo desarrollado cumplió con el propósito del trabajo, al mostrar cómo los complejos simpliciales actúan como puente entre la topología algebraica y la ciencia de datos. De esta manera, se sentaron las bases conceptuales para herramientas más avanzadas, como la homología persistente, y se destacó el valor de la abstracción matemática como medio para comprender patrones y formas presentes en los datos.

El enfoque buscó ser accesible a estudiantes de licenciatura y fomentar la exploración de un campo actual y en expansión, donde la teoría matemática se conecta directamente con problemas prácticos de análisis e interpretación de datos.

REFERENCIAS

- [1] Hatcher, A. (2002). Algebraic Topology. England: Cambridge University Press.
- [2] Herbert, E.; Harer, J.L. (2009). Computational Topology: An introduction. United States of America: American Mathematical Society.
- [3] Chazal, F.; Michel, B. (2017). An introduction to Topological Data Analysis: fundamental and practical aspects. Foundations of Computational Mathematics 17 (16), 1505-1566.

Desarrollo de la integración del Frontend con el backend del sistema de gestión de actividades de la Universidad del Papaloapan

Suarez Rivas Emanuel¹, López Rodríguez Ariel^{2*}

¹Ingeniería en Computación, Universidad del Papaloapan.

²Instituto de Agroingeniería, Universidad del Papaloapan.

* email: alopez@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto “Gestión de Actividades de la Universidad del Papaloapan”, se definió la necesidad de integrar de manera eficiente el frontend (parte de una aplicación con la que interactúa el usuario) desarrollado en Flutter (Marco de código abierto para crear aplicaciones multiplataforma) con el backend (parte que se encarga de la lógica del negocio y la gestión de datos) implementado en Spring Boot. Para cumplir con este objetivo, se definió el protocolo para consumir y gestionar las APIs REST, asegurando una comunicación efectiva y confiable entre ambos componentes.

El propósito de esta fase fue garantizar que la aplicación móvil pudiera interactuar correctamente con el backend, realizando operaciones CRUD (acrónimo en informática de las palabras en inglés Create, Read, Update y Delete) y sincronizando la información en tiempo real. La correcta integración es esencial para que la aplicación funcione de forma óptima y para sentar las bases de futuras ampliaciones del sistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la integración del frontend desarrollado en Flutter con el backend implementado en Spring Boot, se emplearon diversas herramientas y técnicas que permitieron garantizar una comunicación eficiente y estable entre ambos componentes. El trabajo se desarrolló siguiendo un enfoque ágil e iterativo, centrado en la verificación constante del funcionamiento de las API REST y su correcto consumo desde la aplicación móvil.

Se empleó el paquete http proporcionado por Flutter¹ para realizar las peticiones a los diferentes endpoints del backend, utilizando los métodos GET, POST, PUT y DELETE según las necesidades de cada módulo. Asimismo, se recurrió a la herramienta Postman para probar y validar las rutas del API (Interfaz de Programación de Aplicaciones) antes de integrarlas a la aplicación, asegurando que las respuestas del servidor fueran las esperadas.

El entorno de desarrollo utilizado fue Visual Studio Code, el cual permitió gestionar el código fuente y facilitar la depuración del mismo. Además, se utilizó GitHub como repositorio de control de versiones, lo que posibilitó mantener un registro ordenado de los avances y modificaciones realizadas durante el proceso.

El procedimiento metodológico se estructuró en varias etapas. En primer lugar, se llevó a cabo un análisis detallado de la documentación del backend para identificar los endpoints disponibles y definir la manera en que serían consumidos desde Flutter.

Finalmente, se implementaron mecanismos de validación y manejo de errores dentro de la aplicación, con el propósito de mejorar la estabilidad y la experiencia de usuario. Gracias a este proceso, se consiguió establecer una comunicación confiable entre el frontend y el backend, permitiendo el intercambio de información en tiempo real y la correcta ejecución de las operaciones principales del sistema.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado de este trabajo fue una integración sólida entre el frontend y el backend de la aplicación “Gestión de Actividades de la Universidad del Papaloapan”.

Se logró la implementación exitosa del consumo de endpoints RESTful, garantizando la operación de todas las funcionalidades principales de la aplicación móvil.

La integración desarrollada asegura que la aplicación móvil sea escalable, manteniendo una comunicación robusta y eficiente con el backend, y dejando abiertas posibilidades para futuras ampliaciones y mejoras. En la figura 1 se muestra un esquema simplificado del flujo de consumo de las APIs REST desde el frontend hacia el backend.

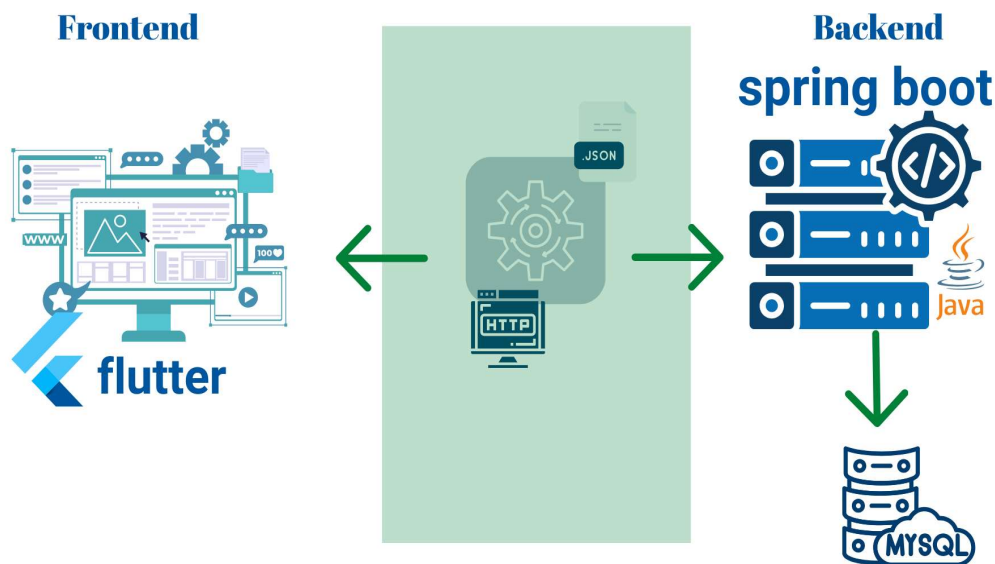


Figura 1. Estructura general del proyecto “Gestión de Actividades de la Universidad del Papaloapan”.
(Fuente: Elaboración propia, 2025).

CONCLUSIÓN

El trabajo de integración del frontend con el backend, mediante el consumo de APIs REST, constituyó una etapa crítica para el éxito del proyecto “Gestión de Actividades de la Universidad del Papaloapan”.

La implementación realizada permitió consolidar una comunicación estable y eficiente entre ambos componentes, asegurando la correcta operación de la aplicación móvil.

Se recomienda continuar con la optimización del consumo de APIs, incorporando técnicas como paginación, caché y manejo avanzado de errores, así como pruebas de carga para garantizar un rendimiento óptimo en entornos reales.

REFERENCIAS

[1] Developing Cross-Platform Library Using Flutter. (2022). European Journal of Engineering and Technology Research 7 (2), 18-21. <https://doi.org/10.24018/ejeng.2022.7.2.2740>

Evaluación de métodos de extracción de proteína a partir de semillas de *Celosia argentea* var *cristata*

Hipólito Dionicio Itzel¹, Carbajal Alejandro Jaasiel¹, Huerta Heredia Arlene Ariana^{2,3*}

¹Ingeniería en Biotecnología, Universidad del Papaloapan

²Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

³Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI)

* email: ahuerta@unpa.edu.mx; aahuertahe@secihtl.mx

INTRODUCCIÓN

Las proteínas son importantes biomoléculas que participan en todos los aspectos del crecimiento y desarrollo de las plantas. Entre otros procesos, las proteínas están involucradas en la catálisis de reacciones bioquímicas (donde participan las enzimas), el transporte a través de membranas, la estructura celular, la generación de energía y el transporte de electrones, solo por mencionar algunos ejemplos. A pesar de su importancia, comparadas con las proteínas de los animales, éstas se encuentran en concentraciones bajas; esto es debido a que los carbohidratos estructurales (celulosa) componen la mayor parte de la estructura de las plantas. No obstante, ciertas estructuras vegetales como las semillas han evolucionado y pueden almacenar proteínas como reserva, esta función es una adaptación para su supervivencia [1].

Celosia argentea var. *cristata*, perteneciente a la familia Amaranthaceae y comúnmente conocida como moco de pavo o cresta de gallo, es una especie con amplio potencial farmacológico. Se ha demostrado la actividad biológica de los compuestos químicos presentes en la parte aérea de la planta, entre los cuales destaca un compuesto fenólico con efecto anticancerígeno, eficaz contra las líneas celulares HT-29 y MCF-7 [2]. Asimismo, se han identificado péptidos bicíclicos aislados a partir de sus semillas con potente actividad antimetabólica [3]. Además, se han reportado proteínas inhibidoras de ribosomas con actividad antiviral [4].

Debido a la importancia que tienen las proteínas de las semillas u hojas de esta planta, el objetivo de este trabajo fue evaluar distintos protocolos de extracción de proteína como extracción con solución amortiguadora de fosfatos, TRI-Reagent y precipitación con TCA/Acetona para determinar cuál de estas extracciones nos permitiría obtener la mayor concentración de proteína.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó la extracción de proteína de semilla utilizando 3 protocolos diferentes, donde el primer método de extracción se realizó con una solución amortiguadora de fosfatos 10 mM a pH 7.2 y 0.14M de NaCl. La cuál se dividió en dos técnicas de extracción, en la primera extracción se comenzó moliendo 15g de semilla secas y se agregó la solución amortiguadora (E1). Para la segunda extracción, se molieron 15g de semilla con una rehidratación previa, durante una noche completa (E2). Ambos procedimientos pasaron por un periodo de agitación durante 4 h en frío, seguido de filtración y centrifugación a 4500rpm durante 15min a 4°C. Se recuperó el sobrenadante y se guardó a -20°C para posteriores análisis.

El segundo método de extracción se realizó mediante una precipitación con TCA/Acetona siguiendo la metodología propuesta por Anaya-Esteban⁵. Se agregó TCA/Acetona (20:80 v/v) al extracto proteico (E1) en una relación 1:1. Se incubó toda la noche (~16hrs), para posteriormente ser centrifugado a 14500 g durante 5min a 4°C. El sobrenadante obtenido se lavó con acetona al 80%, seguido de una centrifugación a 14500 g durante 3min. El pellet obtenido se dejó secar a temperatura ambiente, para después ser disuelto en un tampón de rehidratación, finalmente se realizó una última centrifugación a 14500 g durante 2 min a 4°C. Se recuperó el sobrenadante y se almacenó a -20°C para posteriores análisis.

El último método utilizado fue el de TRI-reagent, en el que se siguió el protocolo de extracción para proteína sugerido por el proveedor (Sigma). Se agregó 1ml de TRI-reagent a 0.250g de semilla molida en seco. Posteriormente, la muestra se centrifugó a 12000 rpm a 4°C por 10 min, se retiró el sobrenadante y se introdujo a un tubo nuevo y se le agregó 300 µL de cloroformo y se mezcló, y se llevó a centrifugar a 12000 rpm por 15 min, al apreciar la formación del pellet se retira el sobrenadante y al pellet se le agrega 300 µL de etanol al 99% se rompe el pellet y se lleva a centrifugar a 4500 rpm por 5 min, al sobrenadante se le agrego 1.5ml isopropanol y se dejó incubar 10 min, después de la incubación se centrifuga a 12000 rpm por 5min, permitiendo la formación de un pellet, posteriormente se realizó 3 lavados al pellet con 50 µL de etanol al 95% y se centrifugo a 8650 rpm por 15min, se dejó secar hasta evaporar el etanol, pasado ese tiempo se suspendió en 50 µL de buffer de rehidratación y se almacenó a -20°C para posteriores análisis. La cuantificación de proteína se realizó utilizando el Kit 2D Quant utilizando 5 µL de proteína de cada extracción, posteriormente se leyó a 480 nm. Finalmente, el contenido de proteína (µg) se estimó utilizando una curva de calibración de BSA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó la cuantificación de proteína de los diferentes métodos de extracción (Tabla 1). Se pudo observar que la cuantificación con TRI-Reagent cuantificó la mayor cantidad de proteína (12.93 µg/µL), seguido de la metodología con TCA/acetona (6.6 µg/µL).

Tabla 1. Resultados de cuantificación de proteína

Método de extracción	Concentración (µg/µL)
TCA/acetona	6.6
TRI-Reagent	12.93
E1(Buffer PBS)	1.5
E2(Buffer PBS)	0.902

Además, la cuantificación de proteína se pudo correlacionar con el número de bandas vistas en el gel SDS-PAGE (Figura 1).

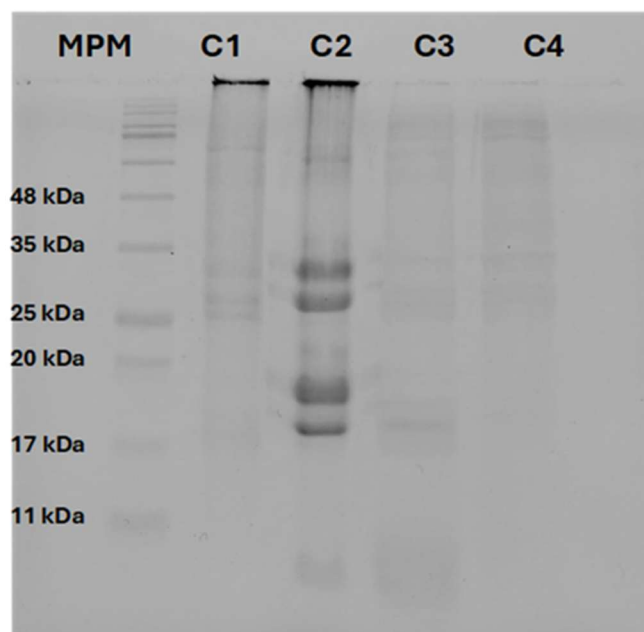


Figura 1. Gel al 15% de extractos proteicos de *C. argentea* var *crystata* obtenidos con TCA (C1), TRI-Reagent (C2), PBS con semillas molidas en seco (C3) y PBS con semillas previamente hidratadas (C4).

CONCLUSIÓN

Se concluye que el protocolo de extracción TRI-Reagent es el método más adecuado para la mayor recuperación proteica a partir de las semillas de *Celosia argentea* var *cristata*, al cuantificar el mayor contenido de proteína.

REFERENCIAS

- [1] Nissen, S.; Namuth, D.; Hernández-Rios, I. (2019). Inhibidores de la síntesis de aminoácidos aromáticos.
- [2] Rub, R.A.; Pati, M.J.; Siddiqui, A.A.; Moghe, A.S.; Shaikh, N.N. (2016). Characterization of Anticancer Principles of *Celosia argentea* (Amaranthaceae). *Pharmacognosy Res.* 8 (2), 97-104. doi: 10.4103/0974-8490.172659.
- [3] Kobayashi, J.I.; Suzuki, H.; Shimbo, K.; Takeya, K.; Morita, H. (2001). Celogentins A–C, New Antimitotic Bicyclic Peptides from the Seeds of *Celosia argentea*. *The Journal of organic chemistry* 66 (20), 6626-6633.
- [4] Gholizadeh, A.; Kumar, M.; Balasubrahmanyam, A.; Sharma, S.; Narwal, S.; Lodha, M.L.; Kapoor, H.C. (2004). Antioxidant activity of antiviral proteins from *Celosia cristata*. *Journal of plant biochemistry and biotechnology* 13 (1), 13-18.
- [5] Anaya-Esteban, E. (2022). Evaluación de métodos de extracción de proteína total de *Tecoma stans*. Universidad del Papaloapan.

Evaluación de la capacidad de silenciamiento de las partículas lentivirales que contiene al short hairpin del gen Yap y MLK en la línea celular MCF-7

Alvarez-Valdivieso Rebeca¹, Martínez-Ramírez Angélica Sofía², Coello-Solano Ana Rebeca³, Ramírez-Santos Aislinn Gerald¹, Peña-Rico Miguel Ángel^{3*}

¹Ingeniería en Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

²Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

³Doctorado en Biotecnología, División de Estudios de Posgrado, Universidad del Papaloapan.

* email: mapena@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El cáncer de mama es una enfermedad heterogénea, con una alta incidencia a nivel nacional y mundial. La eficacia su tratamiento depende varios factores, sin embargo, dentro los dos principales están, el estadio o etapa del cáncer y subtipo molecular / características biológicas del tumor [1]. Dentro de los tratamientos farmacológicos de elección está el tamoxifeno para los tumores con receptores de estrógeno (ER), que reduce en un 50 % la recurrencia, sin embargo, cerca del 30 % de los tumores ER positivos no responden, esta resistencia es conocida como resistencia de novo [2]. Los tumores ER positivos son el tipo más común de cáncer de mama, por lo que las terapias dirigidas a ER, se han utilizado ampliamente en su tratamiento. Sin embargo, tanto la resistencia innata como la adquirida siguen siendo causas de fracaso terapéutico. La inhibición de la actividad de la quinasa de linaje mixto (MLK) han demostrado que inducen apoptosis en las líneas celulares de cáncer de mama positivas para ER [3], abriendo una brecha en las estrategias terapéuticas contra el cáncer de mama. Por otro lado, El coactivador transcripcional proteína asociada a YES (YAP) activa la transcripción de genes implicados en la proliferación celular y la inhibición de la apoptosis [4-5]. Se sabe que YAP, esta sobre expresado en diversos tipos de cánceres en humanos, entre ellos el cáncer de mama, induciendo proliferación independiente de factores de crecimiento, crecimiento independiente del anclaje y con la transición epitelio-mesenquimal [6], al igual que MLK, a YAP se le ha asociado con los mecanismos de resistencia a los tratamientos en cáncer de mama. Por lo que, evaluar la eficiencia de los vectores lentivirales que expresan shMLK y shYAP1 para lograr una disminución efectiva en la expresión de los genes diana, lo cual se verificó mediante la visualización de los productos de PCR en geles de agarosa y qPCR.

MATERIALES Y MÉTODOS

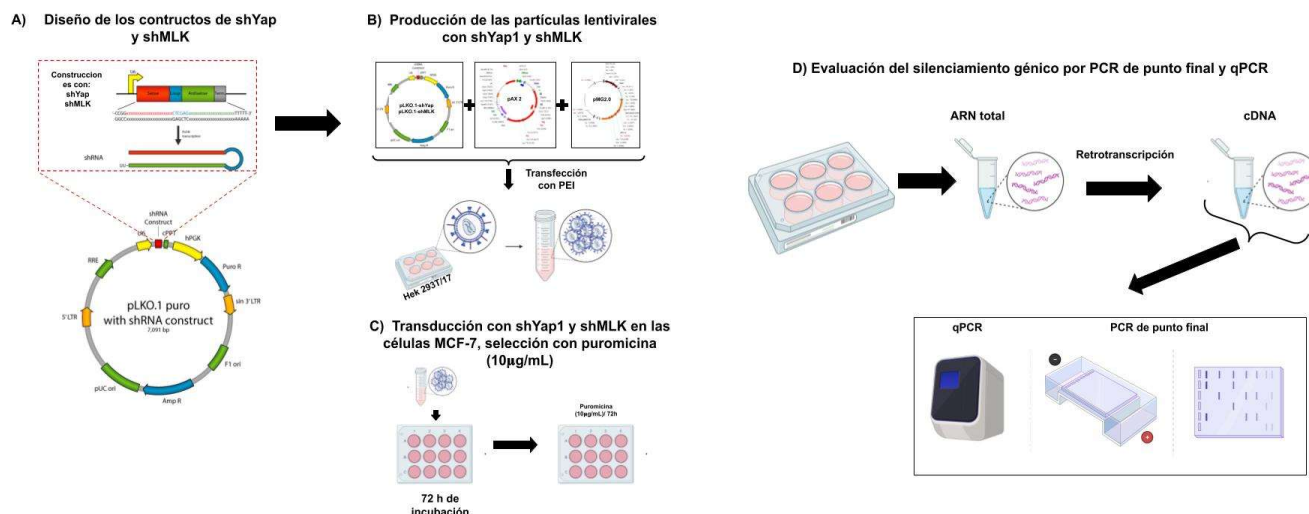
La figura 1A muestra la construcción de los plásmidos pLKO.1 que contienen las secuencias específicas de shRNA dirigidas contra los genes *YAP1* y *MLK*, ver *Tabla 1*. El vector pLKO.1 es un vector lentiviral especializado para la expresión de shRNA, que permite el silenciamiento génico estable en células eucariotas. Las secuencias del short hairpin (sh) son insertadas en vector que contiene al promotor U6 que controla la expresión del sh.

Tabla 1. Secuencias de oligonucleótidos para el silenciamiento génico de YAP y MLK.

Cebador	Secuencia 5'a 3'
Fw shYAP	CCGGGCCACCAAGCTAGATAAAGAACTCGAGTTCTTTATCTAGCTTGGTGGCTTTTG
Rv shYAP	AATTCAAAAAGCCACCAAGCTAGATAAAGAACTCGAGTTCTTTATCTAGCTTGGTGGC
Fw shMLK	CCGGCATGGAGCTGGTGGAGAAGAACTCGAGTTGTTCTCGACCAGCTCCATGTTTTTG
Rv shMLK	AATTCAAAAACATGGAGCTGGTGGAGAAGAACTCGAGTTGTTCTCGACCAGCTCCATG

En esta segunda fase, ver figura 1B, los plásmidos pLKO.1-shYap1 o pLKO.1-shMLK se cotransfectan en células productoras HEK 293T/17 junto con los vectores de empaquetamiento (pAX2) y de envoltura (pMD2.G), utilizando el

reactivo PEI (polietilenimina) como agente de transfección. Las células HEK 293T/17 células producen las partículas lentivirales recombinantes, que contienen el material genético necesario para introducir los shRNA en las células blanco. Después de la transfección, el medio de cultivo es recolectado, el cual contiene las partículas virales listas para la transducción. Las células MCF-7 son infectadas con las partículas virales durante 72 h, ver figura 1C, enseguida las células que fueron transducidas son seleccionadas con puromicina (10 µg/mL) durante 72 horas de incubación. Las



células seleccionadas expresan los shRNA dirigidos contra Yap1 o MLK, permitiendo evaluar la eficacia del silenciamiento génico mediante técnicas como PCR o qPCR, ver figura 1D.

Figura 1. Diagrama general de la metodología usada para la producción y evaluación de partículas lentivirales con shYAP1 y shMLK en células MCF-7. **A).** Diseño del constructo que contiene al shRNA específico, **B)** Producción de partículas lentivirales. **C)** Selección de las clonas. **D)** Evaluación de la capacidad infectiva de las partículas lentivirales. Imágenes tomadas y modificadas de Addgene y BioRender.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación del silenciamiento génico de MLK

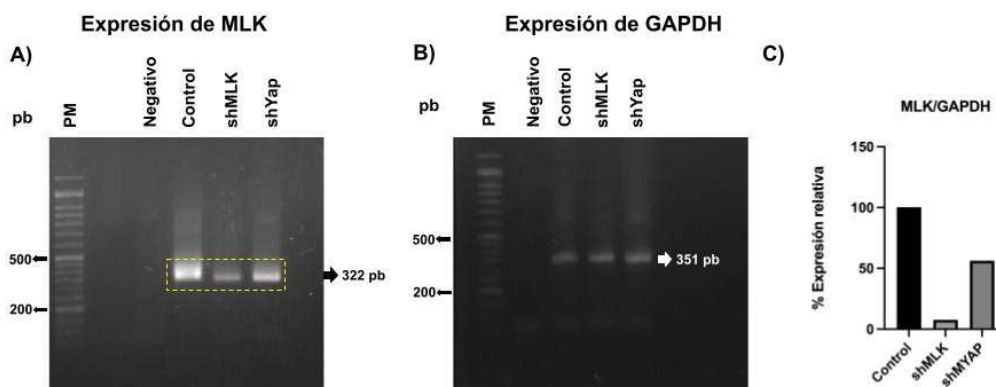


Figura 2. Evaluación del silenciamiento del gen MLK en células MCF-7 transducidas con partículas lentivirales. **A)** Silenciamiento con el *short hairpin RNA* (shRNA) dirigidos contra MLK (*shMLK*). **B)** En expresión del gen GAPDH utilizado como control endógeno.

La PCR permitió amplificar el gen MLK en células tratadas con shYap y shMLK, utilizando GAPDH como gen de referencia. La Figura 2A mostró una banda de 322 pb correspondiente a MLK, con alta expresión en el control y una marcada disminución en las células tratadas con shMLK, indicando un silenciamiento efectivo y específico del gen. En contraste, shYap no afectó la expresión de MLK. El control de GAPDH (Figura 2B) confirmó la consistencia experimental. Sin embargo, el análisis de YAP (Figura 3A) presentó bandas inespecíficas, impidiendo determinar con precisión la eficacia del silenciamiento por shYap.

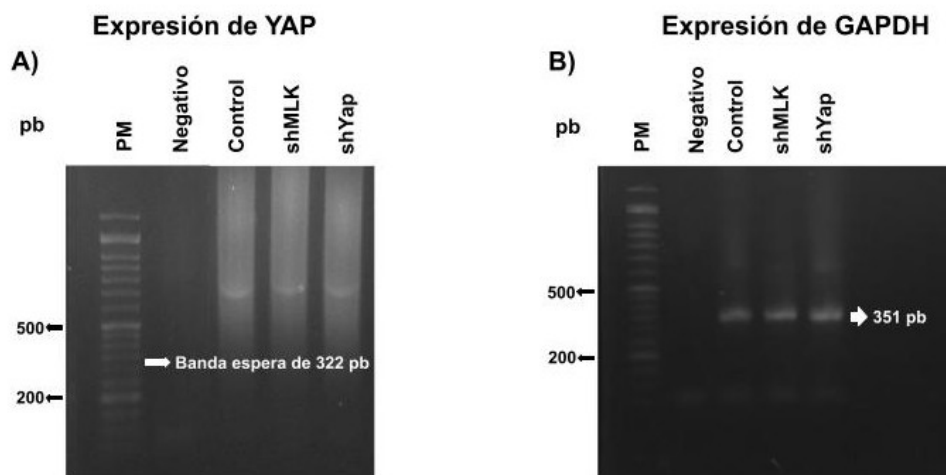


Figura 3. A) Análisis de la expresión génica de YAP, en B) expresión GAPDH en células MCF-7 tratadas con construcciones lentivirales shMLK y shYAP, comparadas con un control y un control negativo, mediante PCR semicuantitativa.

CONCLUSIÓN

El constructo shMLK demostró un silenciamiento efectivo y específico del gen MLK, evidenciado por la disminución significativa en la intensidad de la banda correspondiente a dicho gen en comparación con el control. Esto demuestra que el diseño y la transducción del shMLK fueron funcionales para reducir la expresión de MLK en las células MCF-7.

El constructo shYAP no mostró un silenciamiento concluyente del gen YAP, debido a la presencia de bandas inespecíficas en el análisis por PCR, lo que impidió confirmar su eficacia. No obstante, la expresión estable del gen de referencia GAPDH en todas las condiciones valida la confiabilidad de los procedimientos experimentales aplicados.

REFERENCIAS

- [1] Gutierrez, M.C.; Detre, S.; Johnston, S.; Mohsin, S.K.; Shou, J.; Allred, D.C.; Schiff, R.; Osborne, C.K.; Dowsett, M. (2005). Molecular changes in tamoxifen-resistant breast cancer: relationship between estrogen receptor, HER-2, and p38 mitogen-activated protein kinase. *Journal of clinical oncology* 23 (11), 2469-2476.
- [2] Haagenson, K.K.; Wu, G.S. (2010). The role of MAP kinases and MAP kinase phosphatase-1 in resistance to breast cancer treatment. *Cancer and Metastasis Reviews* 29 (1), 143-149.
- [3] Wang, L.; Gallo, K.A.; Conrad, S.E. (2013). Targeting mixed lineage kinases in ER-positive breast cancer cells leads to G2/M cell cycle arrest and apoptosis. *Oncotarget* 4 (8), 1158.
- [4] Zhao, B.; Kim, J.; Ye, X.; Lai, Z.C.; Guan, K.L. (2009). Both TEAD-binding and WW domains are required for the growth stimulation and oncogenic transformation activity of yes-associated protein. *Cancer research* 69 (3), 1089-1098.
- [5] Sudol, M. (1994). Yes-associated protein (YAP65) is a proline-rich phosphoprotein that binds to the SH3 domain of the yes proto-oncogene product. *Oncogene* 9, 2145-2152.
- [6] Overholtzer, M.; Zhang, J.; Smolen, G.A.; *et al.* (2006). Transforming properties of YAP, a candidate oncogene on the chromosome 11q22 amplicon. *Proc Natl Acad Sci U S A* 103, 12405-12410.

Prueba de estrategias hormonales y genéticas para aumentar la tolerancia al estrés por inundación en maíz y *Arabidopsis*

Abad-Alfonso Karla Denisse¹, Medina-Chávez Lucisabel², Zamora-Hernández Teresa², Zilli-Gutiérrez Saribel², Peña-Castro Julián Mario^{3*}

¹Ingeniería en Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

²Doctorado en Biotecnología, División de Estudios de Posgrado, Universidad del Papaloapan.

³Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

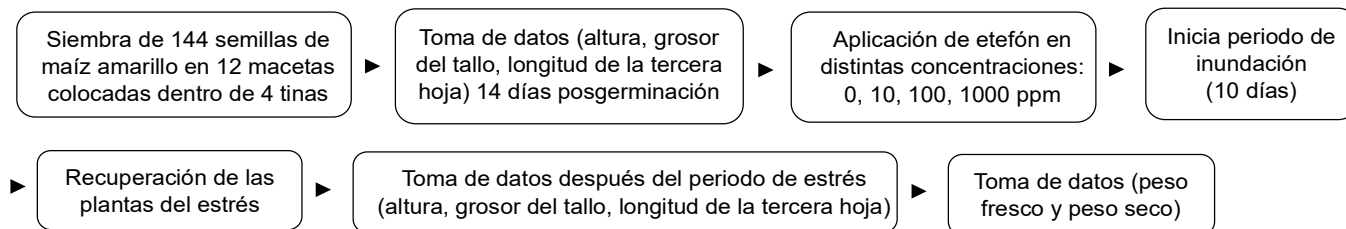
*email: julianpc@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

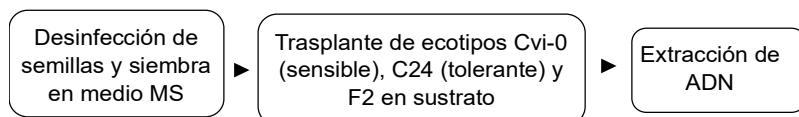
Los modelos actuales de cambio climático proyectan un incremento significativo en la frecuencia e intensidad de las inundaciones durante las próximas décadas. Este incremento de eventos hidrometeorológicos extremos afectará la estabilidad de los sistemas productivos, reduciendo los rendimientos y ocasionando pérdidas severas de cosechas en diversas regiones del planeta [1]. En consecuencia, el desarrollo de estrategias que incrementen la tolerancia de las plantas a condiciones de anegamiento constituye una prioridad científica y tecnológica para garantizar la seguridad alimentaria global. Entre las posibles soluciones se encuentran el control hormonal de la respuesta, y el aislamiento de genes asociados al estrés para el diseño de estrategias biotecnológicas de mejoramiento genético asistido [2]. En este trabajo, el enfoque de investigación contempla tres niveles de análisis complementarios. En primer lugar, se realizaron ensayos hormonales con semillas de *Zea mays* (maíz amarillo) sometidas a condiciones de inundación y tratadas con etefón, un compuesto químico que actúa como liberador de etileno, con el propósito de evaluar su papel en la modulación de la respuesta adaptativa al estrés por anegamiento. En segundo término, se emplearon semillas híbridas de segunda generación (F2), obtenidas de cruzamientos entre los ecotipos Cvi-0 y C24 de *Arabidopsis thaliana*, para efectuar un escrutinio molecular mediante marcadores específicos y avanzar en el proceso de aislamiento del gen *HISN5B* que codifica una proteína involucrada en la biosíntesis de histidina [3]; su transcrito ha mostrado expresión diferencial entre ecotipos, sugiriendo una posible implicación en la respuesta al estrés hídrico. Finalmente, se desarrolló un estudio de asociación del genoma completo (GWAS) en un conjunto de 84 accesiones de *Arabidopsis thaliana* para identificar marcadores de SNP asociados con la tolerancia a la inundación. Con estas investigaciones se puede proponer una base molecular sólida para futuras estrategias de mejoramiento genético orientadas a la resiliencia vegetal frente al exceso de agua en el suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

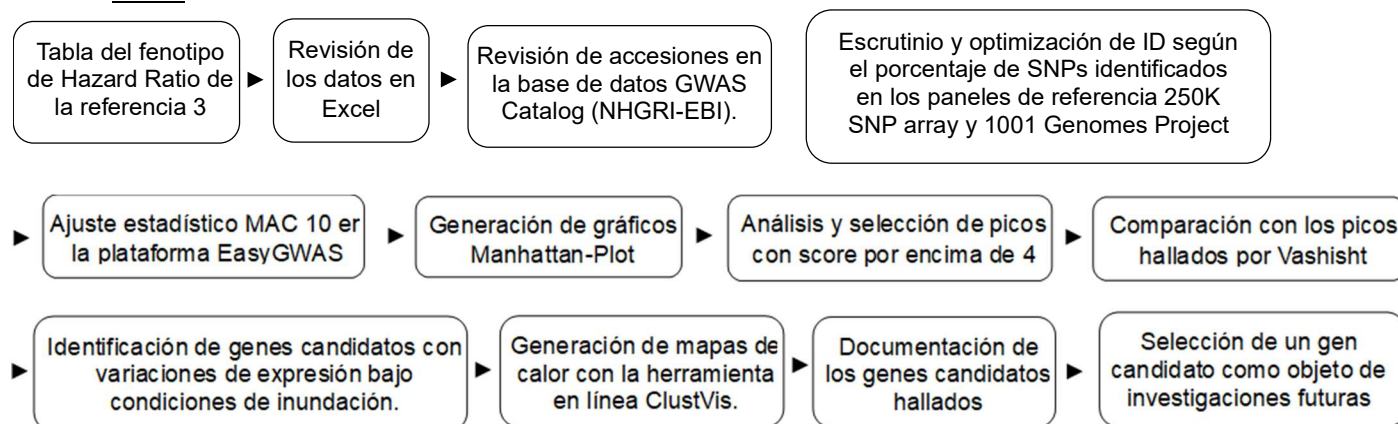
➤ Experimento de inundación en tinas con maíz amarillo y etefón



➤ Escrutinio molecular con marcadores específicos de *HISN5B*



➤ GWAS



RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Figura 1. Desarrollo del experimento de inundación.



Figura 2. Ecotipo C24 junto a la F1 de la crucea con el ecotipo CVI-0.



Figura 3. Vigor híbrido presente en la F1.

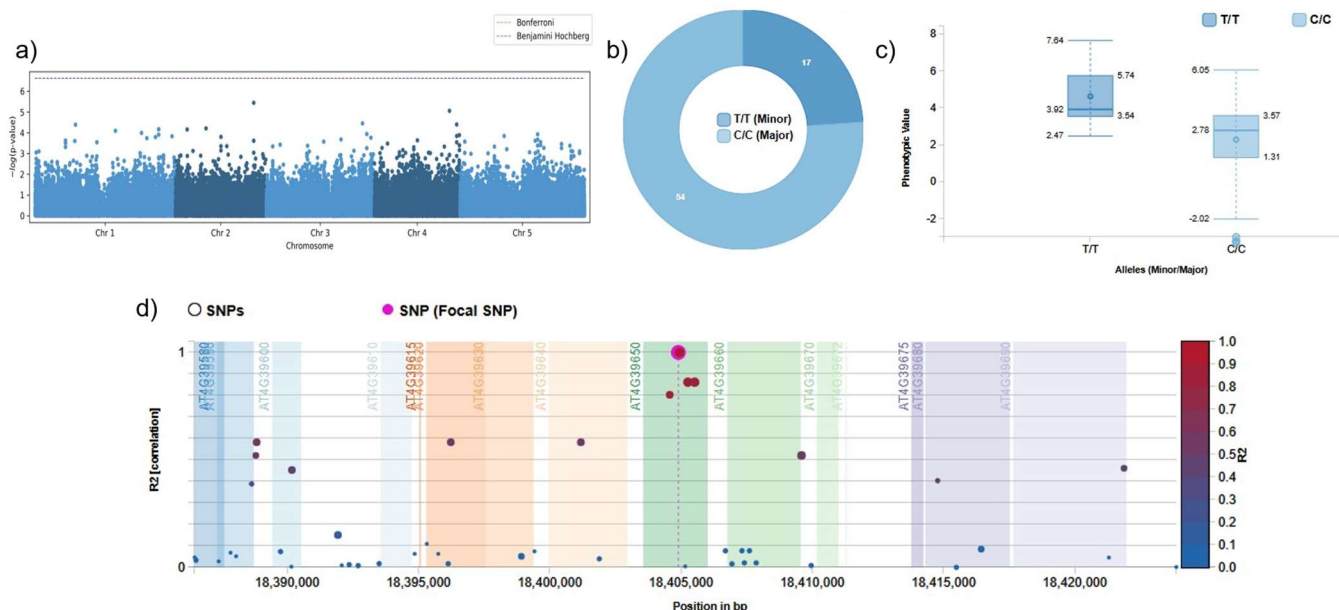


Figura 4. Análisis GWAS de fenotipos de Hazard Ratio registrados en *Arabidopsis thaliana* y detalles del SNP 18404903 en el gen AT4G39660. a) Gráfico Manhattan-Plot, b) distribución de alelos, c) cuantificación de rasgos para accesiones con alelos mayores y menores para SNP. d) Diagramas de disequilibrio de ligamiento (LD) de la región genómica que rodea el SNP focal en AGT.

Cuando a las plantas de maíz amarillo se les aplicó etefón en las dosis 0, 10, 100, 1000 ppm a los 14 días después de la germinación y se crecieron en condiciones sin inundación, no se registraron diferencias estadísticas en cuanto a medidas de altura y longitud, así como también de peso fresco y seco. Cuando se sometieron a inundación presentaron síntomas de estrés como amarillamiento en las hojas y la pérdida de turgencia, hasta llegar a la muerte de todos los individuos en el día 10 de estrés, por lo que la pérdida de ganancia de peso no se pudo medir. Por lo que se propone que el día óptimo de rescate en futuros escrutinios al aire libre sea en el tercer día. Lo anterior contrastó con las condiciones de laboratorio, donde el maíz toleró 10 días de inundación. De tal forma, el estrés por inundación tiene efectos más fuertes en exteriores.

En lo que respecta a *Arabidopsis*, se obtuvieron híbridos de Cvi-0 y C24 que presentaron un crecimiento mayor en comparación a sus progenitores, tanto en hojas como altura, y aparición de silicuas en un periodo menor (Fig. 3). Estos híbridos son la base para realizar futuras cruza y retrocruza hasta la generación F6 que permita la creación de líneas isogénicas. Se extrajo su DNA y se espera usarse en reacciones de PCR para el seguimiento de polimorfismos asociados al gen HSN5B.

En cuanto al estudio de asociación del genoma completo (GWAS), se pudieron detectar los 31 picos encontrados en 2016 por Vashisht, sin embargo, también 48 picos novedosos; siete de ellos se obtuvieron en el panel de referencia 250K SNP array y 41 en el de 1001 Genomes Project. Los mapas de calor generados a partir de datos de expresión de estos picos revelaron cambios en los perfiles transcriptómicos, en especial en tejido de raíz. De los SNPs detectados, se seleccionó como principal candidato al polimorfismo SNP 18404903 en secuencia codificante del gen At4G39650. Sin embargo, este gen no se expresa en condiciones de inundación, pero este polimorfismo también se localiza a 2k pares de bases del gen vecino At4g39660 que codifica para la enzima alanina-glioxilato aminotransferasa (AGT1), la cual cataliza un paso que permite a las plantas protegerse frente a temperaturas extremas, hipoxia, sequía, y algunos estreses bióticos. AGT1 se expresa en tejidos de raíz y es de alta abundancia. Este catálogo genético constituye un

recurso valioso para investigaciones posteriores orientadas a la validación funcional de dichos genes y a la comprensión integral de los mecanismos moleculares implicados en la tolerancia al anegamiento (Fig. 4).

CONCLUSIÓN

Se recomienda el *día 3* para colectar las plantas de maíz ya que días posteriores ocasionan la muerte. La generación F2 de *Arabidopsis* está disponible para su escrutinio molecular. Finalmente, se propuso una lista de 56 genes a ser estudiados en el contexto biotecnológico de la inundación.

REFERENCIAS

- [1] Meng, X.; Li, L.; Pascual, J.; Rahikainen, M.; Yi, C.; Jost, R.; He, C.; Fournier-Level, A.; Borevitz, J.; Kangasjärvi, S.; Whelan, J.; Berkowitz, O. (2022). GWAS on multiple traits identifies mitochondrial ACONITASE3 as important for acclimation to submergence stress. *PLANT PHYSIOLOGY* 188 (4), 2039–2058. <https://doi.org/10.1093/plphys/kiac011>
- [2] Ingeniería genética contra estrés abiótico en cultivos neotropicales: osmolitos, factores de transcripción y CRISPR/Cas9. (21d. C.). *Revista Colombiana de Biotecnología*, XXIII (2). <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v23n2.88487>
- [3] Phytozome. Gene Report: AT4G14910. Recuperado 5 de octubre de 2025, de https://phytozome-next.jgi.doe.gov/report/transcript/Athaliana_TAIR10/AT4G14910.2
- [4] Vashisht, D.; Hesselink, A.; Pierik, R.; Ammerlaan, J.M.H.; Bailey-Serres, J.; Visser, E.J.W.; Pedersen, O.; Van Zanten, M.; Vreugdenhil, D.; Jamar, D.C.L.; Voesenek, L.A.C.J.; Sasidharan, R. (2010). Natural variation of submergence tolerance among *Arabidopsis thaliana* accessions. *New Phytologist* 190 (2), 299–310. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03552.x>
- [5] Agrawal, N.; Chunletia, R.S.; Badigannavar, A.M.; Mondal, S. (2024). Role of alanine aminotransferase in crop resilience to climate change: a critical review. *Physiology and Molecular Biology of Plants* 30 (12), 1935–1953. <https://doi.org/10.1007/s12298-024-01540-8>
- [6] Brenya, E.; Dutta, E.; Herron, B.; Walden, L.H.; Roberts, D.M.; Binder, B. M. (2023). Ethylene-mediated metabolic priming increases photosynthesis and metabolism to enhance plant growth and stress tolerance. *PNAS Nexus* 2 (7). <https://doi.org/10.1093/pnasnexus/pgad216>
- [7] Kooke, R.; Wijnker, E.; Keurentjes, J.J.B. (2012). Backcross populations and near isogenic lines. *Methods in Molecular Biology* 3-16. https://doi.org/10.1007/978-1-61779-785-9_1

Preparación histológica de tejido hepático sano y fibrótico y técnicas de tinción

Romero Contreras Yatzini¹, Franco Fabián Rocío Guadalupe², Torres Ramírez Nayeli³, Vázquez Cuevas Francisco Gabriel⁴, Martínez Ramírez Angélica Sofía^{5*}

¹Ingeniería en Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

²Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

³Laboratorio de Microscopía Electrónica "Gerardo Hebert Vázquez Nin", Facultad de Ciencias, UNAM.

⁴Laboratorio de Fisiología Molecular y Celular, Instituto de Neurobiología, UNAM.

⁵Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

*email: asmartinez@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

La fibrosis hepática es un proceso patológico caracterizado por la acumulación excesiva de matriz extracelular en el hígado, generalmente como respuesta a daño hepático crónico. La evaluación histológica es una herramienta fundamental para estudiar los cambios estructurales en el tejido hepático tanto en condiciones fisiológicas como patológicas [1].

La generación de modelos de fibrosis hepática en ratón es una herramienta fundamental para estudiar los mecanismos fisiopatológicos de la enfermedad hepática crónica y evaluar potenciales terapias antifibróticas. Estos modelos reproducen, en condiciones controladas, el proceso de acumulación excesiva de matriz extracelular en el hígado, característico de la fibrosis, permitiendo observar su progresión, reversibilidad y respuesta a tratamientos [2].

Las principales estrategias de inducción incluyen agentes químicos como el tetracloruro de carbono (CCl_4), la tioacetamida (TAA) o la dimetilnitrosamina (DMN), que inducen daño hepático repetido y activación de células estrelladas hepáticas. Modelos colestásicos, mediante ligadura del conducto biliar común (BDL), que simula obstrucción biliar y daño inflamatorio. Modelos genéticos, como ratones transgénicos o knock-out que alteran genes clave en la homeostasis hepática. Dietas especiales como la dieta rica en metionina y colina deficiente (MCD) o dietas altas en grasa y fructosa, que inducen esteatosis, inflamación y fibrosis. Estos modelos permiten estudiar desde la activación de células estrelladas hepáticas hasta la expresión de marcadores como α -SMA, colágeno tipo I y TGF- β . La elección del modelo depende del tipo de fibrosis que se desea replicar (tóxica, colestásica o metabólica) y del objetivo experimental (mecanístico, terapéutico o diagnóstico) [3].

Este protocolo tiene como objetivo establecer una metodología estandarizada para la recolección, procesamiento, inclusión, corte y tinción de muestras de tejido hepático murino sano y fibrotico, utilizando técnicas histológicas convencionales para su análisis microscópico. Se realizó un análisis comparativo de los tejidos con fibrosis inducida por CCl_4 y por ligadura del conducto biliar comparados con los tejidos sanos, se cuantificaron áreas de inflamación y fibrosis en los diferentes tipos de muestras y se compararon entre ellos, y se obtuvieron laminillas que serán utilizadas para un atlas virtual y para las prácticas de histología que se desarrollan en las diferentes licenciaturas en la Universidad del Papaloapan.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Biológico:

- Hígados de ratones de laboratorio:
 - Grupo control (tejido hepático sano)
 - Grupo experimental (tejido hepático con fibrosis inducida por inyección con CCl_4 y por ligadura del conducto biliar.
- Los hígados de ratones sanos fueron donados por el Laboratorio de Microscopía Electrónica "Gerardo Hebert Vázquez Nin", Facultad de Ciencias, UNAM, por la Dra. Nayeli Torres, los hígados de ratones tratados con tetracloruro de carbono

fueron donados por el Laboratorio de Fisiología Molecular y Celular, Instituto de Neurobiología, UNAM por el Dr. Francisco Vázquez Cuevas, en ambos casos los protocolos fueron autorizados por los comités de bioética correspondientes a cada institución. El tratamiento de los ratones para el desarrollo de fibrosis se realizó con el tratamiento de los ratones con tetracloruro de carbono (CCl_4). Los ratones fueron inyectados con 1.6 g de CCl_4 por Kg de peso, tres veces por semana por cuatro semanas. En el modelo de ligadura del conducto los animales fueron anestesiados y se expuso el conducto biliar entre el hígado y el duodeno, se realizó una doble ligadura con sutura de seda 6-0. Se cerró la pared abdominal y se permitió al animal la completa recuperación con analgésico y antibiótico. Al finalizar el tratamiento los ratones fueron perfundidos con paraformaldehído (PFA) al 4%, posteriormente se procesaron los tejidos para ser embebidos en parafina como se describe en este protocolo.

Materiales y Reactivos

- Formol al 10% o 3% (fijador)
- Etanol en concentraciones crecientes (50%, 60%, 70%, 80%, 96%, 100%)
- Xilol (50%, 100%)
- Parafina
- Portaobjetos y cubreobjetos
- Micrótopo
- Estufa para secado
- Tinciones:
 - Hematoxilina y Eosina (H&E)
 - Tricómico de Masson [4]
- Medio de montaje
- Pinceles (de preferencia punta fina suave)

Equipo

- Campana de extracción
- Microscopio
- Estufa de inclusión
- Placa calefactora o baño maría
- Portaobjetos con adhesivo (opcional)
- Procesador de tejido

Metodología:

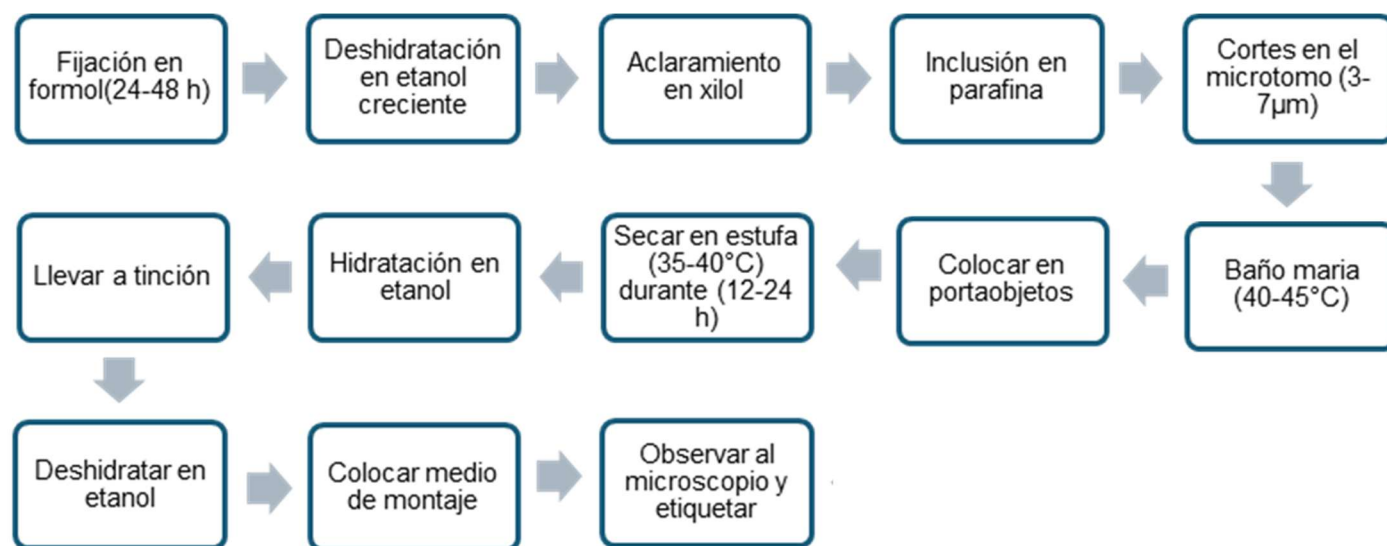


Figura 1. Diagrama del proceso histológico del tejido de hígado murino.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los tejidos hepáticos teñidos con Hematoxilina y Eosina (H&E), el grupo control mostró una arquitectura hepática normal, con hepatocitos dispuestos en cordones radiales y espacios sinusoidales bien definidos. En contraste, las muestras con fibrosis inducida presentaron desorganización lobulillar, incremento en la densidad celular y áreas extensas de necrosis focal. Se observó un ligero infiltrado inflamatorio en distintas zonas, especialmente en el modelo inducido por CCl_4 . No se lograron observar las fibras de colágeno en azul en la tinción Tricrómica de Masson como se esperaba, probablemente por el kit que se utilizó para dicha tinción, sin embargo, si se distinguieron las áreas de fibrosis y la desorganización del tejido hepático por efecto del modelo de fibrosis.

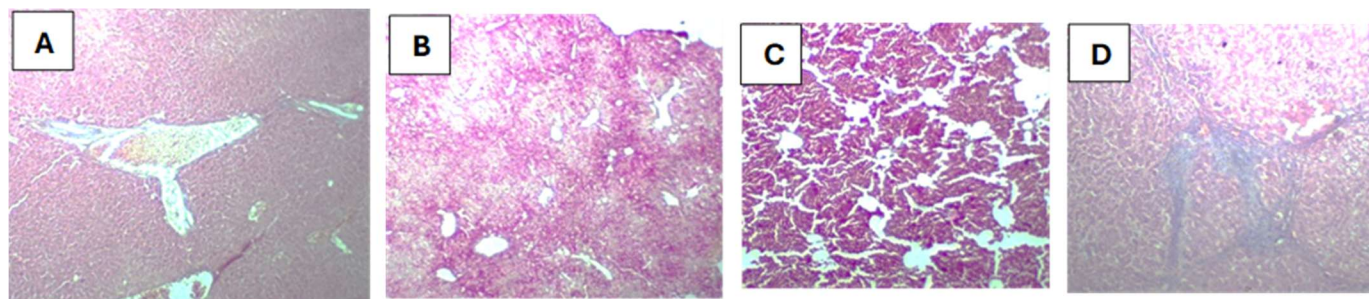


Figura 2. Tinciones del tejido hepático A) Tejido hepático murino sano con tinción de TM de un corte de 5um, a 4x. B) Tejido hepático murino con tratamiento de ligadura del conducto biliar con tinción de TM, corte de 5um, a 4x. C) Tejido hepático murino con tratamiento de CCl_4 con tinción de TM, corte de 5um, a 4x. D) Tejido hepático con tratamiento de CCl_4 con tinción de H&E, corte de 5um, a 4x.

A	Fibrótico			Sano		
	AT	AF	%	AT	AF	%
1	3902825	240902	6.17250325	3351780	35419	1.0567221
2	4139573	113230	2.73530627	3757478	38457	1.02347905
3	4344359	111578	2.56834207	3705829	102756	2.77282087
4	4110642	210810	5.128396	4145535	42881	1.03439001
5	4415026	103362	2.34114137	4408793	69272	1.57122369
6	4271122	234679	5.49455155	4259069	62589	1.46954651
7	4325722	156060	3.60772144	3597088	62265	1.73098351
8	4409730	227805	5.16596254			
9	4278780	433381	10.1286114			
10	4276004	195837	4.57990685			
		Prom	4.4434621		Prom	1.52273796
		Desv est	2.47269166		Desv est	0.62131147

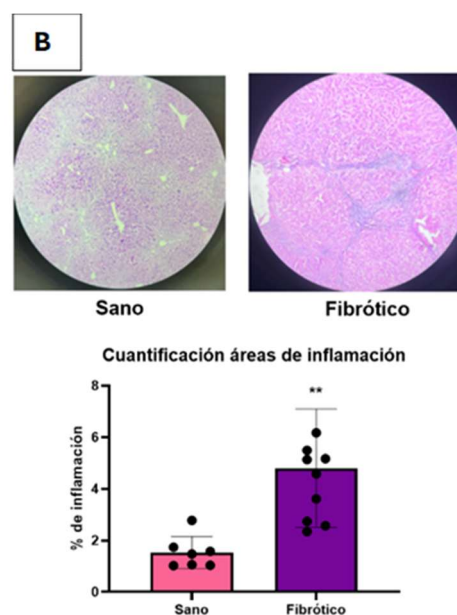


Figura 3. Cuantificación del área fibrótica en las imágenes teñidas. A) cuantificación de área total por imagen (AT), área con fibrosis (AF) y porcentaje en el tejido hepático murino sano y fibrótico (Imagej). B) Imágenes representativas de los tejidos sano y fibrótico y gráfica del área de inflamación que se muestra en la tabla.

CONCLUSIÓN

El presente protocolo permitió establecer una metodología confiable para la identificación de cambios histológicos asociados a la fibrosis hepática en modelos murinos. Las tinciones utilizadas, particularmente el tricrómico de Masson, facilitaron la diferenciación entre tejido hepático sano y fibrótico, revelando signos característicos como el infiltrado inflamatorio, no se lograron apreciar claramente las deposiciones de colágeno en los tejidos fibróticos porblablemente por el kit de tinción utilizado. El análisis comparativo entre los diferentes modelos experimentales también evidenció la eficacia de la inducción con CCl₄ y BDL en la generación de fibrosis. Además, la inclusión de muestras de otros órganos y especies amplía el valor educativo del estudio. Esta metodología puede ser aplicada tanto en investigación como en la enseñanza de histología patológica.

REFERENCIAS

- [1] Roehlen, N.; Crouchet, E.; Baumert, T.F. (2020). Liver Fibrosis: Mechanistic Concepts and Therapeutic Perspectives. *Cells* 3, 9 (4):875. <https://doi.org/10.3390/cells9040875>
- [2] Berumen, J.; Baglieri, J.; Kisseleva, T; Mekeel, K. (2021). Liver fibrosis: Pathophysiology and clinical implications. *WIREs Mech Dis.* 13 (1), e1499. <https://doi.org/10.1002/wsbm.1499>
- [3] Ravichandra, A.; Schwabe, R.F. (2021). Mouse Models of Liver Fibrosis. *Methods Mol Biol.* 2299, 339-356. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1382-5_23
- [4] Hycel S.A. de C.V. (s.f.). Coloración tricrómica de Masson (Hycel No. 64297) [Hoja técnica del equipo de tinción para histopatología]. Hycel S.A. de C.V.

Reproducción inducida del pez cebra (*Danio rerio*) mediante hormonas exógenas

Pérez-Aguirre Mario Ulises¹, Luna-Mora Ariana¹, Vázquez-Vázquez Wilfrido¹, Vázquez-Vázquez Carolina¹, Alcantar-Vázquez Juan Pablo^{2*}

¹Ingeniería en Acuicultura, Universidad del Papaloapan.

²Laboratorio de Acuicultura, Universidad del Papaloapan.

*email: jpalcantar@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El pez cebra (*Danio rerio*) es una especie de agua dulce originaria del sur de Asia, con presencia documentada en países como India, Pakistán, Bangladesh, Nepal y Myanmar. Se ha consolidado como un modelo experimental preeminente en investigación biológica debido a su rápido desarrollo embrionario, a la transparencia de los estadios tempranos y a sus relevantes similitudes genéticas con el ser humano [1].

En el ámbito experimental, la inducción del desove en laboratorio puede estimularse mediante cambios en variables ambientales (temperatura y fotoperiodo) o por la administración de hormonas. Entre ambos enfoques, los métodos hormonales han demostrado ser más eficientes cuando se requiere un control reproductivo riguroso y la obtención sincronizada de embriones para estudios de desarrollo y genética [2-3].

Las hormonas empleadas en la inducción reproductiva incluyen:

- GnRH (hormona liberadora de gonadotropina), CPE (pituitaria de carpa seca), progesterona, extractos de hipófisis y gonadotropina coriónica humana (HCG) [4].

Los procedimientos de administración de estas hormonas comprenden técnicas invasivas y no invasivas. La inyección intraperitoneal permite la dosificación precisa mediante micro jeringas de calibre fino (30–32) y las dosis suelen variar según el objetivo (ovulación o espermiación) y el tamaño del ejemplar [5]. Por su parte, los baños hormonales consisten en la inmersión de los peces en soluciones que contienen HCG (rango reportado 50–500 UI·L⁻¹) durante periodos que oscilan entre 30 y 60 minutos; este método resulta en general menos estresante para los animales, aunque suele ser menos exacto y eficaz que la inyección directa [4]. Tras la administración de HCG, las hembras suelen ovular en un intervalo aproximado de 6 a 12 horas, por lo que es habitual emparejarlas con machos inmediatamente para favorecer el desove [6]. Dada la evidencia sobre la eficacia de la inducción hormonal en distintos organismos acuícolas, resulta imprescindible determinar la dosificación óptima que maximice la eficiencia reproductiva en *D. rerio*. Esto permitirá establecer protocolos reproductivos reproducibles y apropiados para fines experimentales y de manejo en laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección y acondicionamiento de reproductores

Se seleccionaron reproductores sanos y activos. Los sexos se separaron durante siete días previos al experimento para asegurar el acondicionamiento sexual, manteniéndose constantes las condiciones ambientales (temperatura, fotoperiodo y régimen de alimentación) y registrándose dichos parámetros durante el periodo de acondicionamiento.

Diseño experimental

Se asignaron los tratamientos (Control, T1, T2 y T3) y se estableció la composición de cada tanque con cuatro machos y dos hembras (proporción 2H:1M). Se planificaron réplicas por tratamiento según el diseño experimental establecido.

Preparación de soluciones hormonales

Se determinó la cantidad de hormona requerida para cada concentración y se midió con jeringa o pipeta graduada. La hormona se disolvió inicialmente en 1 L de agua de acuario en un recipiente de mezcla y se agitó hasta obtener una solución homogénea. Posteriormente, dicha solución se transfirió al tanque que contenía 1 L de agua, completando el volumen final de 2 L por pecera, registrándose todos los volúmenes y pasos de dilución.

Acondicionamiento del tanque e inmersión hormonal

Se instaló una red sumergida en cada pecera para facilitar la contención y el manejo de los reproductores. Antes de introducir los peces, se comprobó que el agua de cada pecera presentara parámetros equivalentes. Se introdujeron los seis reproductores en la pecera asignada y se expusieron a la solución correspondiente durante tres horas, sin suministro de alimento durante la inmersión. Durante este periodo se monitorizaron y registraron temperatura, pH y oxígeno disuelto.

Observación del desove

Se observó el inicio del desove desde el momento del traslado; en este experimento la puesta comenzó aproximadamente cinco horas después de la inmersión. Al producirse la puesta, se documentó cada pecera mediante fotografía y se realizó el conteo digital del número de huevos, guardando las imágenes y los archivos de conteo con el identificador de tratamiento correspondiente.

Retiro de reproductores y conservación de huevos

Inmediatamente después de la puesta, se retiraron los reproductores de las peceras para evitar la depredación de los huevos. Las peceras conteniendo los huevos se mantuvieron en condiciones controladas y se registraron parámetros ambientales (temperatura, fotoperiodo y calidad del agua) durante el periodo de incubación.

Evaluación de eclosión

Se realizó el monitoreo periódico hasta la eclosión, registrando la tasa de eclosión (TE) y documentando cualquier mortalidad o anomalía en las larvas. Todos los datos y observaciones se archivaron para su análisis estadístico posterior.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este estudio se evaluó la eficacia de tres concentraciones hormonales (T1: 3 %, T2: 5 %, T3: 7 %) administradas por inmersión, comparadas con un control sin hormonas, para la inducción del desove en *D. rerio*, manteniendo una proporción sexual de 2 hembras por cada macho (2 H:1 M). La Tabla 1 muestra los resultados obtenidos. Los huevos obtenidos después de la inmersión puede observarse en la figura 1.

Tabla 1. Tasa de eclosión (TE) y tasa de fecundación relativa (TFR) obtenida en el pez cebra (*Danio rerio*) mediante inmersión en una hormona exógena.

Tratamiento	Numero de larvas	Numero de huevos	Peso de reproductores	Tasa de eclosión (TE)	Tasa de fecundación relativa (TFR)
C	385 L	417 H	0.00026 kg	92.3%	1603.84 H/org
T1	682 L	825 H	0.00029 kg	82.6%	2844.82 H/org
T2	65 L	111 H	0.00028 kg	23.92%	396.42 H/org
T3	282 L	332 H	0.00029 kg	84.9%	1144.82 H/org

L: Larvas, H: Huevos, H/org: Huevos por organismo. C = tratamiento control, T1 = disolución *GonaForte* 3%, T2 = disolución *GonaForte* 5%, T3 = disolución *GonaForte* 7%.

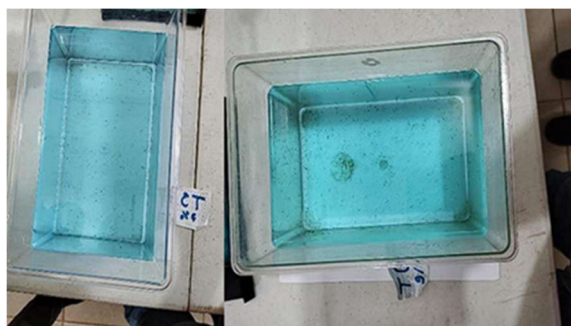


Figura 1. Primer desove de huevos obtenidos después de la inmersión en la hormona exógena.

Los resultados muestran que el control presentó una tasa de eclosión (TE) de 92.3 % y una tasa de fecundidad relativa (TFR) de 1 603.84 H/org., mientras que T1 alcanzó un TE de 82.6 % y una TFR de 2 844.82 H/org. Los tratamientos intermedio y alto mostraron tanto TE como TFR reducidas, T2 tuvo 23.92 % y TFR 396.42 H/org., y T3 tuvo TE 84.9 % y TFR 1 144.82 H/org.

Otro factor crítico fue la solubilidad y homogeneidad de la hormona en el agua. Se advierten que sin pre-diluyentes adecuados (por ejemplo, etanol al 0.1 %) la distribución es desigual, provocando dosis variables entre individuos [7]. La preparación original en 1 L y su posterior dilución a 2 L pudo haber reducido la concentración efectiva, especialmente en T2 y T3, lo cual estaría detrás de la baja TE y TFR en estos grupos.

CONCLUSIÓN

Los resultados del estudio muestran un efecto dependiente de la dosis de gonadotropina coriónica sobre el desove en *D. rerio*. T1 presentó el mejor balance entre fecundidad y viabilidad, mientras que el control mostró mayor sincronía de eclosión, pero menor producción relativa de huevos frente a T1. T2 provocó una reducción marcada en la sincronización del desove y en la producción reproductiva, coherente con un posible fenómeno de sobreestimulación endocrina; T3 exhibió respuestas intermedias, lo que sugiere la existencia de una ventana óptima de dosificación por debajo de la concentración más elevada probada. En conjunto, bajo las condiciones experimentales evaluadas, T1 se perfila como la condición más prometedora para optimizar la producción de huevos en el pez cebra.

REFERENCIAS

- [1] Lawrence, C. (2007). The husbandry of zebrafish (*Danio rerio*): A review. *Aquaculture* 269 (1-4), 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.04.077>
- [2] Spence, R.; Gerlach, G.; Lawrence, C.; Smith, C. (2008). The behaviour and ecology of the zebrafish, *Danio rerio*. *Biological Reviews* 83 (1), 13-34. <https://doi.org/10.1111/j.1469-185X.2007.00030.x>
- [3] Westerfield, M. (2000). *The Zebrafish Book: A Guide for the Laboratory Use of Zebrafish (Danio rerio)* (4th ed.). University of Oregon Press.
- [4] Zohar, Y.; Munoz-Cueto, J.A.; Elizur, A.; Kah, O. (2010). Neuroendocrinology of reproduction in teleost fish. *General and Comparative Endocrinology* 165 (3), 438-455.
- [5] Hagedorn, M.; Carter, V.L.; Leong, J.C.; Kleinhans, F.W.; Toner, M. (2004). Fish embryo freezing: Science and Issues *Cryobiology* 48 (2), 113-124. <https://doi.org/10.1016/j.cryobiol.2003.11.002>
- [6] Nasiadka, A.; Clark, M.D. (2012). Zebrafish breeding in the laboratory environment. *ILAR Journal* 53 (2), 161-168. <https://doi.org/10.1093/ilar.53.2.161>
- [7] Zohar, Y.; Mylonas, C.C. (2001). Endocrine manipulations of fish reproduction: Recent advances in aquaculture applications. *Aquaculture Review* 6 (3), 1-10.

Efecto de diferentes mezclas sustrato/texturizante sobre la producción de conidios de *Beauveria bassiana* por fermentación en medio solido

Ortiz Martínez Lorenzo Antonio¹, Luis Corrales Laura², García Gómez María de Jesús^{3*}, Núñez Gaona Oscar^{4*}

¹Ingeniería en Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

²Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

*email: oscarng@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El control biológico con hongos entomopatógenos es una herramienta apropiada dado que las esporas pueden permanecer viables sobre la superficie de los granos o del suelo e infectar a los insectos una vez que estos emergen [1]. *Beauveria bassiana* es un hongo entomopatógeno utilizado como controlador biológico en plagas de cultivos agrícolas. La producción de *Beauveria bassiana* en sustratos sólidos por reproducción de conidios aéreos es el método más utilizado a nivel comercial, los materiales más utilizados para la fermentación en estado sólido es el arroz, cebada, trigo, centeno, sorgo y maíz. El proceso de fermentación líquida facilita el escalado masivo para la formulación de bioplaguicidas [2].

MATERIALES Y MÉTODOS

Se inocularon cajas Petri con medio SDA con una cepa de *Beauveria bassiana* las cuales se dejaron durante veinte días. Se obtuvieron suspensiones de las cuales se tomaron 5mL para cada matraz, en total se prepararon cinco matraces con 100 ml de medio SBD, se dejaron en incubadora orbital a 26°C y 140 RPM durante veinte días, posteriormente con cada matraz se prepararon tres charolas hamburgueseras, una de ellas solo es el blanco, dos con 50 g de arroz y 50 de aserrín y las otras dos con 75 g de aserrín con 25 de arroz, estas se dejaron durante diez días. Finalmente se realizaron pruebas de viabilidad en medio SDA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se logro la inoculación de *Beauveria bassiana* tanto en cajas Petri como en fermentación líquida, sin embargo, los resultados para la fermentación solida no fueron del todo favorables, a excepción del blanco, del cual se lograron separar el polvo de los granos de arroz. Se obtuvieron dos muestras A y B, para la muestra A se obtuvo una concentración de 9.14175×10^6 conidios/g de sustrato seco, para la muestra B se obtuvo una concentración de 5.855×10^6 conidios/g de sustrato seco. Por otro lado, las pruebas de viabilidad no mostraron resultados favorables ya que no se presentaba crecimiento de *Beauveria bassiana* pero si de otros microorganismos.

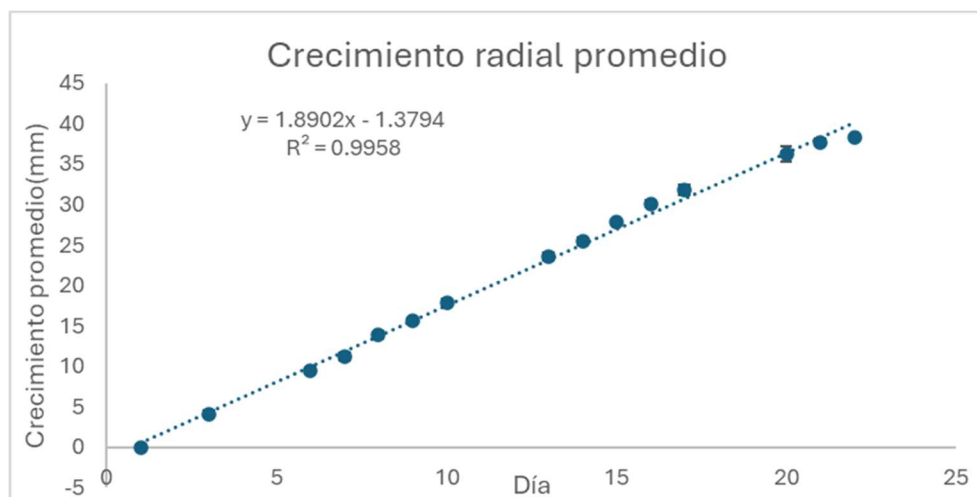


Figura 1. Grafica de crecimiento radial promedio de *Beauveria bassiana*.



Figura 2. Crecimiento de *Beauveria bassiana* en fermentación líquida.



Figura 3. Blanco. Crecimiento de *Beauveria bassiana* utilizando arroz como sustrato.



Figura 4. Crecimiento de *Beauveria bassiana* sobre arroz como sustrato y aserrín como texturizante.

CONCLUSIÓN

La producción de *Beauveria bassiana* mediante fermentación sólida utilizando arroz y aserrín representa un método eficiente y económico para obtener altos rendimientos de conidios viables. Esta técnica aprovecha sustratos accesibles y de bajo costo, como el arroz que es rico en nutrientes y el aserrín que aporta estructura y una mejor aireación del medio. Sin embargo, la técnica para la obtención de viabilidad no se vio favorecida, es por ello por lo que se deben probar mejores técnicas para pruebas más acertadas sobre la viabilidad.

REFERENCIAS

- [1] Urtuzuastegui-Peña, R.; Reveles-Torres, L.R.; Velásquez-Valle, R.; Cid-Ríos, J.A.; Reveles-Hernández, M. (2014). Utilización experimental de *Beauveria bassiana* como control biológico de *Circulifer tenellus*: vector de fitoplasmas en el cultivo de chile. Agrofaz.
- [2] Lucero, J.; Manzano, J.; Loaiza, I.; Orellana, Y. (2024). Producción de *Beauveria bassiana* para la formulación de bioplaguicidas. Universidad Politécnica Salesiana. Redalyc.

Efecto de edulcorantes comerciales sobre el crecimiento de bacterias probióticas

López Jota Ariel¹, Nolasco Vargas Massiel¹, Nuñez Gaona Oscar², Carrillo Ahumada Jesús³, García Gómez María de Jesús^{2*}

¹Ingeniería en Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

²Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

³Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

* email: mjgarcia@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El kéfir es un producto lácteo preparado a partir de la fermentación de leche (vaca, cabra, camello, oveja o búfala) por microorganismos heterolácticos presentes en los granos de kéfir o cultivos iniciadores comerciales. El consumo de kéfir se asocia con varios beneficios para la salud [1]. Por otro lado, en los últimos años ha habido una mayor demanda de productos en los que se sustituye la sacarosa por edulcorantes no nutritivos que tienen implicaciones en el manejo de diversas patologías, principalmente en diabetes u obesidad. A pesar de que estas sustancias han demostrado ser seguras para el consumo humano, existe un interés sobre su interacción con los alimentos que contienen probióticos a los que podría adicionárseles este tipo de sustancias, tal es el caso del kéfir natural [2]. En este estudio se evaluó el efecto de dos edulcorantes de mesa comerciales (Svetia y Splenda) sobre el crecimiento de los microorganismos probióticos presentes en kéfir natural comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Se utilizaron 2 edulcorantes de mesa comerciales: Svetia (Metco, México) y Splenda (Heartland Food Products Group, EE. UU.); el consorcio de probióticos se obtuvo a partir de Kéfir natural Lifeway (EATICS SA DE CV, México). Los medios de cultivo utilizados para propagar el consorcio microbiano fueron: Elliker, TPY y M17 (Condalab, España). Los medios se prepararon de acuerdo con las indicaciones del proveedor, cada uno se inoculó con 0.2 mL de kéfir y se incubaron por 24 h a 37°C bajo condiciones de anaerobiosis; posteriormente este medio se utilizó como inóculo en la evaluación del efecto de los edulcorantes sobre el crecimiento microbiano.

Preparación e inoculación del medio con los edulcorantes de mesa

La composición del medio (g/L) fue: peptona de caseína 10, extracto de levadura 23, fosfato de potasio monobásico y dibásico 6/8. A 250 mL del medio estéril (121°C por 15 minutos) se le agregó el contenido de un sobre del edulcorante de mesa y la cantidad equivalente de dextrosa, que fue utilizada como control positivo. Tres tubos con 10 mL de cada medio fueron inoculados, en condiciones de esterilidad, con 0.2 mL del inóculo descrito en el apartado anterior. Los tubos se incubaron por 24 h a 37°C bajo condiciones de anaerobiosis.

Posteriormente, se leyó la absorbancia a 600 nm cada día durante 3 días utilizando como blanco el tubo del tiempo inicial. El crecimiento se reportó en UFC/mL asociando la absorbancia obtenida a la equivalente en la escala de McFarland [2].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1 se presentan la composición de los edulcorantes de mesa, la del consorcio microbiano presente en el Kéfir y los microorganismos que pueden crecer en los medios selectivos utilizados.

Tabla 1. Composición de los edulcorantes de mesa, del consorcio microbiano presente en el Kéfir y los microorganismos que pueden crecer en los medios selectivos utilizados.

Edulcorantes de mesa		
Svetia	Splenda	
Stevia, 200 a 300 veces más dulce que la sacarosa. No aporta calorías, no afecta los niveles de insulina, siendo una alternativa segura para personas con diabetes.	Sucralosa, 600 veces más dulce que la sacarosa. No aporta calorías, no afecta los niveles de glucosa en la sangre, opción de uso para personas que viven con diabetes.	
Kéfir natural Lifeway		
Leche fermentada con granos de kéfir. Composición porcentual: 1 g de grasa, 4 g de carbohidratos y 4 g de proteínas, 38 calorías. Cepas probióticas: <i>L. acidophilus</i> , <i>B. bifidum</i> , <i>L. casei</i> , <i>L. rhamnosus</i> , <i>L. plantarum</i> , <i>B. longum</i> , <i>L. reuteri</i> , <i>B. breve</i> , <i>L. salivarius</i> , <i>L. lactis</i> , <i>S. thermophilus</i> y <i>B. infantis</i> .		
Medios selectivos para el crecimiento de bacterias probióticas		
Elliker	TPY	M17
Usado principalmente para el aislamiento y recuento de lactobacilos en productos lácteos	Medio selectivo para el aislamiento de Bifidobacterium	Medio de cultivo para aislar y enumerar estreptococos lácticos (lactococos) en productos lácteos como la leche y el yogur

En la figura 1 se observa el crecimiento de los grupos microbianos en los medios con diferentes edulcorantes de acuerdo con el medio selectivo a partir del que fueron propagado. Las cepas de lactobacilos (medio Elliker, línea azul, Fig. 1) mostraron un incremento en su población a las 24 horas, siendo mayor en el medio con Svetia; en el segundo y tercer día se observó un descenso en la población de este género de microorganismos probióticos, siendo más evidente en el medio con Splenda, mientras que en el medio con Svetia la concentración celular permaneció casi constante; siguiendo una tendencia similar al control positivo (Dextrosa). Para las cepas de bifidobacterium (medio TPY, línea naranja, Fig. 1) en el medio con Svetia la población permaneció casi constante durante todo el proceso; mientras que Splenda inhibió el crecimiento a partir del primer día del bioproceso. Finalmente, las cepas de estreptococos (medio M17, línea gris, Fig. 1) mostraron a las 24 h, con ambos edulcorantes, una disminución en el crecimiento en comparación con el control positivo, siendo mayor el efecto con Svetia. A las 48 y 72 horas se observó un repunte discreto en el crecimiento de estos microorganismos, con ambos edulcorantes, sin alcanzar los valores iniciales.

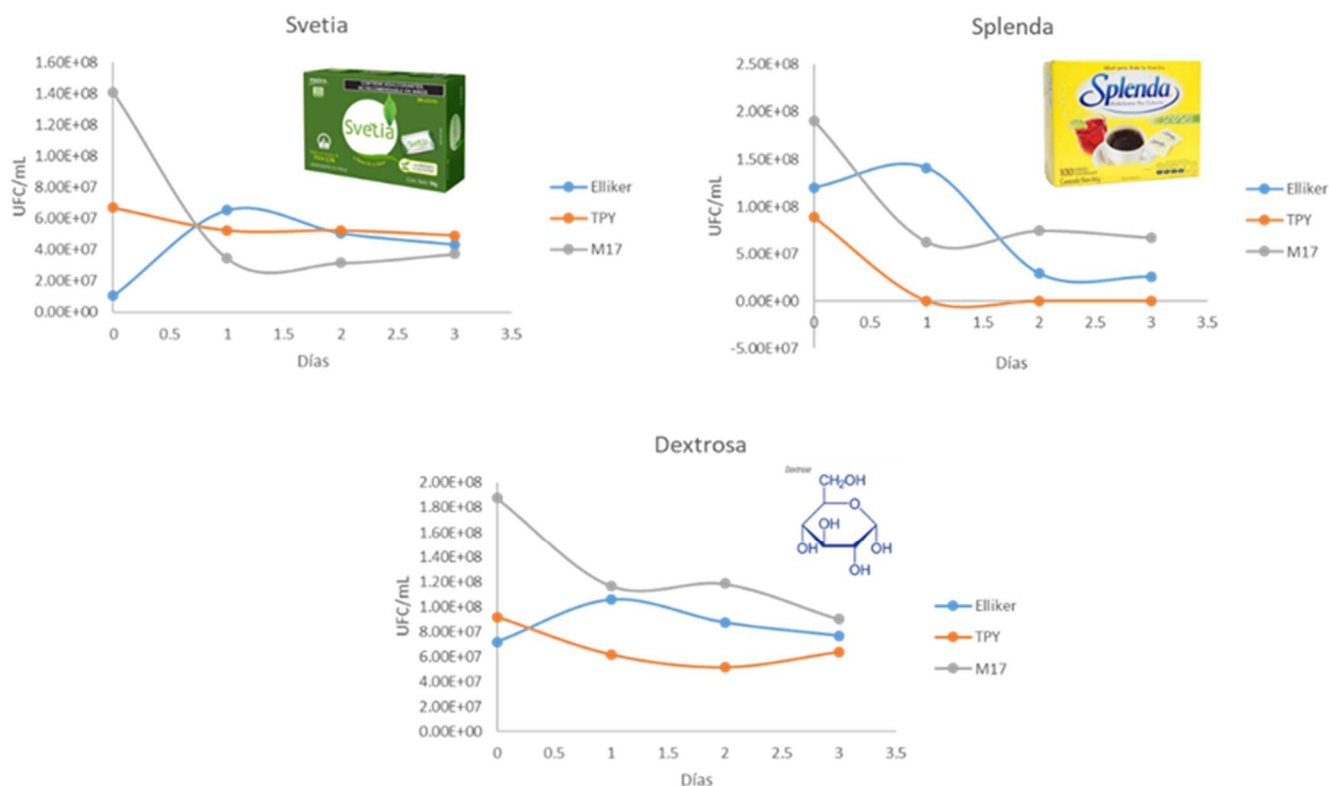


Figura 1. Crecimiento de probióticos de Kéfir natural en medios con edulcorantes de mesa y dextrosa.

En general, se observó un efecto bacteriostático con ambos edulcorantes [2]; sin embargo, Splenda mostró un efecto bactericida para las cepas de bifidobacterium después de las 24 horas. A pesar de que en este estudio no se utilizaron cepas puras, los resultados son similares a los reportados en la literatura [1-2] para fortalecer la hipótesis de que los edulcorantes no nutritivos alteran el microbioma intestinal al tener un efecto bactericida sobre algunas especies, mientras que edulcorantes no nutritivos naturales tienden a tener un efecto inhibitor más leve sobre la microbiota.

CONCLUSIÓN

Splenda tuvo mayor impacto en las poblaciones del consorcio microbiano; mientras que Splenda mostró un efecto menor, inclusive sin impacto negativo en la proliferación de algunas de las especies probióticas analizadas.

REFERENCIAS

- [1] Larosa, C.P.; Balthazar, C.F.; Guimarães, J.T.; Rocha, R.S.; Silva, R.; Pimentel, T.C.; Granato, D.; Duarte, M.C.K.H.; Silva, M.C.; Freitas, M.Q.; Cruz, A.G.; Esmerino, E.A. (2021). Sheep milk kefir sweetened with different sugars: Sensory acceptance and consumer emotion profiling, *Journal of Dairy Science* 104 (1), 295-300. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18702>.
- [2] Zamfir, A.G.; Sandu, A.C.; Marina-Ionela, I.L.I.E.; Scarlatescu, A.I.; Arsene, A.L.; Udeanu, D.I. (2022). The impact of non-nutritive sweeteners on isolated and purified microbial cultures derived from probiotics. *Romanian Journal of Pharmaceutical Practice* 15 (3), 62.

Efecto de concentraciones elevadas de metiltestosterona y aditivos alimenticios en el crecimiento y reversión sexual de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*)

Vasquez-Vasquez Wilfrido¹, Vasquez-Vasquez Carolina¹, Nieto-Gómez José Guillermo², Alcántar-Vázquez Juan Pablo^{3*}

¹Ingeniería en Acuicultura, Universidad del Papaloapan.

²Maestría en Producción y Procesamiento Pecuario, División de Estudios de Posgrado, Universidad del Papaloapan.

³Laboratorio de Bioquímica y Mejoramiento Genética, Universidad del Papaloapan.

*email: jpalcantar@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

La tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) es conocida comúnmente como “pollo acuático”, y juega un papel importante en la alimentación humana al proporcionar proteínas de bajo costo. Una de las ventajas de la tilapia es su crecimiento rápido, tolerancia extrema a ambientes hostiles, tiene una alta resistencia a enfermedades y su alta tasa de supervivencia, este la ha convertido una especie de cultivo importante [1-2]. Sin embargo, el principal obstáculo en el cultivo de tilapia es su temprana madurez sexual. La producción de alevines monosexo macho es la mejor solución a este problema, pues la tilapia macho tiene una tasa de crecimiento mayor en comparación con las hembras [3]. En este contexto, el uso de aditivos naturales como Orego-Stim®, un extracto de orégano rico en compuestos bioactivos como carvacrol y timol, ha cobrado interés como complemento en la alimentación de peces, además, el uso de aditivos naturales se alinea con los principios de la acuicultura sostenible promovidos por la FAO [1], al reducir la dependencia de productos químicos y mejorar el bienestar animal. A esto se suma la necesidad de diversificar estrategias de control reproductivo, como la reversión sexual, y evaluar el uso de aditivos naturales que mejoren la eficiencia sin comprometer la inocuidad alimentaria ni el entorno acuático [4].

MATERIALES Y MÉTODOS

Alimento con hormona y aditivo

Para realizar a cabo el experimento se utilizó alimento comercial tipo harina Purina (53% proteína). También se utilizó un aditivo de origen natural (Orego-Stim) a partir del extracto de orégano. El primer tratamiento se denominó control (C) que solo contenía el alimento comercial Purina. El segundo tratamiento se denominó (60C) alimento hormonado comercial tipo harina El Pedregal Silver Cup (52% proteína), 60mg de 17 α -metiltestosterona (MT). Para preparar el siguiente tratamiento se pesó en una balanza analítica (Velab Balance) 120 mg de 17 α -metiltestosterona y se agregó a 1 kg de alimento comercial Purina y posteriormente se diluyó en 250 ml de alcohol al 96%. A este tratamiento se le denominó como (120). Para el último tratamiento denominado (120A), se repitió el mismo procedimiento que el anterior solo que a este se le agregó 1 g del aditivo Orego-Stim.

Diseño experimental

Se evaluaron cuatro tratamientos que fueron 120, 120^a, 60C y finalmente el tratamiento control C. El experimento se realizó en un sistema de recirculación cerrada. Cada tratamiento tuvo tres réplicas. Se tomaron fotografías digitales para obtener la longitud inicial (ImageJ) y a partir de un grupo de 30 alevines se tomó el peso inicial. Los alevines se sembraron a una densidad de 0.8 alevines L⁻¹ (70 alevines por acuario).

Periodo de hormonado

Todos los alevines fueron alimentados a saciedad aparente por 21 días. Con un fotoperiodo de 11 luz: 13 oscuridad. La alimentación se llevó a cabo cada dos horas. Diariamente se les hizo un sifonéo y recambio de agua. La temperatura se monitoreó diariamente con un termómetro digital. Al día 21 se les realizó una biometría a un grupo de 30 alevines

por replica, tomando peso húmedo con una balanza digital (Ohaus 200 ± 0.01 g) y la longitud total de cada organismo con un vernier electrónico.

Periodo juvenil

Después de realizar las biometrías los organismos fueron transportados a la Unidad Acuícola y se colocaron en 12 tanques con una capacidad de 800 L en sistema de recirculación cerrada, realizando sifoneos cada dos días y con una alimentación de cuatro veces al día a saciedad aparente con alimento tipo migaja (44% proteína, Purina) por 21 días. Al final de los 21 días se realizó una biometría para obtener el peso húmedo con una balanza digital (Ohaus 200 ± 0.01 g) y la longitud total con un ictiometro. Se calculó el porcentaje de supervivencia final (SF).

Análisis de proporción de sexos

Para determinar la proporción de sexos se utilizó el método de Squash según Guerrero y Shelton [5]. El 30% de los peces por tratamiento se sacrificó para determinar el sexo mediante Acetato carmín (Formula de Schneider) (Figura 1).

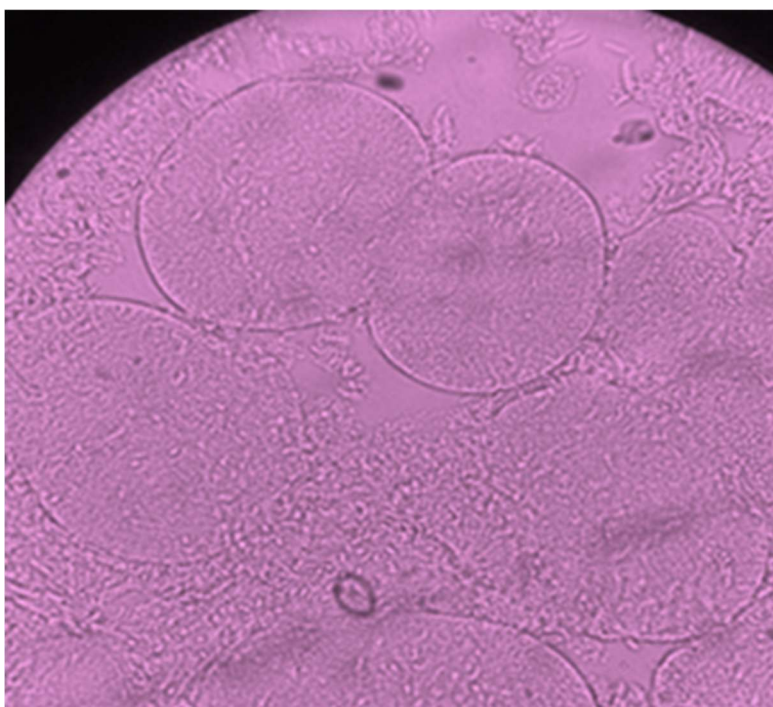


Figura 1. Ovocitos en la gónada de tilapia del Nilo observados mediante la técnica de squash.

Análisis estadísticos

Se realizó un ANDEVA de una vía para analizar el peso húmedo y la longitud total. Se empleó una prueba a posteriori de Tukey. Para el análisis de la proporción de machos y la supervivencia final, se empleó una prueba de chi-cuadrada.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos para los índices de crecimiento se encuentran contenidos en la Tabla 1. Se observaron diferencias significativas donde el 60C presentó una mayor longitud total y peso húmedo. A los 42 días no se observaron diferencias significativas entre los grupos, CTL, 60C, 120MT- y 120MT+.

Tabla 1. Peso húmedo (g) y longitud total (mm) durante los 42 días de experimentación de alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con 17 α -metiltestosterona y un aditivo comercial. Promedio $\pm$ Desv. Std.

		Tratamiento			
		CTL	60C	120MT-	120MT+
Dia 1					
	PH	0.01 ± 0.00 ^a	0.01 ± 0.00 ^a	0.01 ± 0.00 ^a	0.01 ± 0.00 ^a
	LT	0.77 ± 0.04 ^a	0.73 ± 0.05 ^a	0.73 ± 0.05 ^a	0.73 ± 0.05 ^a
Dia 21					
	PH	0.83 ± 0.22 ^a	1.13 ± 0.24 ^b	0.94 ± 0.23 ^a	0.80 ± 0.20 ^a
	LT	36.2 ± 2. 51 ^a	39.8 ± 3.11 ^a	37.02 ± 2.64 ^a	35.95 ± 2.74 ^a
Dia 42					
	PH	8.67 ± 1.72 ^a	9.25 ± 1.91 ^a	8.32 ± 1.64 ^a	8.48 ± 1.79 ^a
	LT	74.7 ± 0.52 ^a	77.6 ± 0.59 ^a	72.4 ± 4.90 ^a	73.6 ± 4.70 ^a

PH: Peso húmedo; LT: Longitud Total. CTL = tratamiento control, 60C = alimento comercial hormonado, 120MT- = alimento comercial enriquecido con 120 mg de 17 α -metiltestosterona, 120MT+ = alimento comercial enriquecido con 120 mg 17 α -metiltestosterona más el aditivo comercial.

Los resultados obtenidos para la proporción de sexos y supervivencia final se presentan en la Tabla 2. Se observó un porcentaje de machos significativamente iguales en el grupo 60C y 120MT+ a diferencia del grupo 120MT-. En la supervivencia final, todos los tratamientos no mostraron diferencias significativas con respecto a la supervivencia observada en el grupo control.

Tabla 2. Supervivencia final (SF) y proporción de sexos (% Machos y % Hembras) de alevines de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) alimentadas con 17 α -metiltestosterona y un aditivo comercial.

Tratamiento	% SF	% Machos	% Hembras
CTL	98	50	50
60C	97	100*	-
120MT-	96	94	6
120MT+	97	100*	-

CTL = tratamiento control, 60C = alimento comercial hormonado, 120MT- = alimento comercial enriquecido con 120 mg de 17 α -metiltestosterona, 120MT+= alimento comercial enriquecido con 120 mg 17 α -metiltestosterona más el aditivo comercial.

Durante el experimento se observó un crecimiento mayor en el grupo de 60mg, el uso de hormonas como el 17 α -metiltestosterona muestra que la ganancia de peso húmedo y la longitud total es más alto aplicando una cantidad de 60mg kg⁻¹ de alimento, que a su vez se logra obtener una proporción de sexos del 99%. Por otro lado, se ha documentado que altas concentraciones de MT, o tratamientos prolongados, pueden llevar a la presencia de hembras [6] en porcentajes variables. Caso contrario con Rosa et al. [7] que demostraron que a concentraciones igual o superior a 60 mg de hormona por Kg puede producir una población de 100% peces machos. La supervivencia final no mostró diferencias entre el tratamiento CTL y los grupos suplementados con hormona o aditivo, lo cual demuestra que, aunque se eleven las concentraciones, estas no afectan en la supervivencia [8].

CONCLUSIÓN

El uso de la hormona 17 α -metiltestosterona a diferentes concentraciones demostró que es eficaz en la reversión sexual, esto sin presentar diferencias significativas y en la supervivencia lo que indica que las variaciones en las concentraciones no afectan la supervivencia. La incorporación del aditivo no resultó en un decremento de la proporción de machos, ni

en una mejoría significativa en el crecimiento. Todos los tratamientos con hormona resultaron efectivos en la reversión sexual.

REFERENCIAS

- [1] FAO. (2024). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2024: Transformación azul en acción. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. www.fao.org/3/cc0461es/cc0461es.pdf
- [2] Alam, M.S.; Rana, K.M.S.; Hasan, M. T. (2014). Effect of different doses of 17 α -methyltestosterone on sex reversal of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). International Journal of Fisheries and Aquatic Studies 1 (5), 93-97.
- [3] Omasaki, S.K.; Janssen, K.; Komen, H. (2017). Optimization of Nile tilapia breeding schemes for monosex culture conditions in smallholder production systems. Aquaculture 481, 8-15. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.08.007>
- [4] García, M.; Ramírez, L. (2021). Desafíos de la acuicultura en México: sostenibilidad y políticas públicas. Revista Latinoamericana de Estudios Ambientales 12 (2), 45-62.
- [5] Guerrero, III, R.D.; Shelton, W.L. (1974). An aceto-carmin squash method for sexing juvenile fishes. The Progressive Fish-Culturist 56-64. [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1974\)36\[56:AASMFS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1974)36[56:AASMFS]2.0.CO;2)
- [6] López, C.A.; Carvajal, D.L.; Botero, M.C. (2006). Masculinización de tilapia roja (*Oreochromis spp*) por inmersión utilizando 17 alfa-metiltestosterona. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 20 (3), 377-386.
- [7] Rosa, P.; Solis-Murgas, L.; Souza, F.O. (2004). Estudio del efecto de la relación macho hembra en la puesta natural y dosis de 17- α -metiltestosterona en la reversión sexual de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) linaje tailandés. Anales de Veterinaria de Murcia 20, 95-104.
- [8] Basavaraja, N.; Raghavendra, C.H. (2017). Hormonal sex reversal in red tilapia (*Oreochromis niloticus* and *O. mossambicus*) and implications for commercial farming. Aquaculture International 25 (5), 1317-1331.

Cultivo *in vitro* de raíces de *Gomphrena globosa* en un biorreactor airlift

Díaz-Antonio María de la Cruz¹, Aiza-Martínez Christopher², Sanchez-Ocampo Paul Mauricio³, Capataz-Tafur Jacqueline^{3*}

¹Ingeniería en Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

²Maestría en Biotecnología, División de Estudios de Posgrado, Universidad del Papaloapan.

³Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

*email: jcapataz@unpa.edu.mx

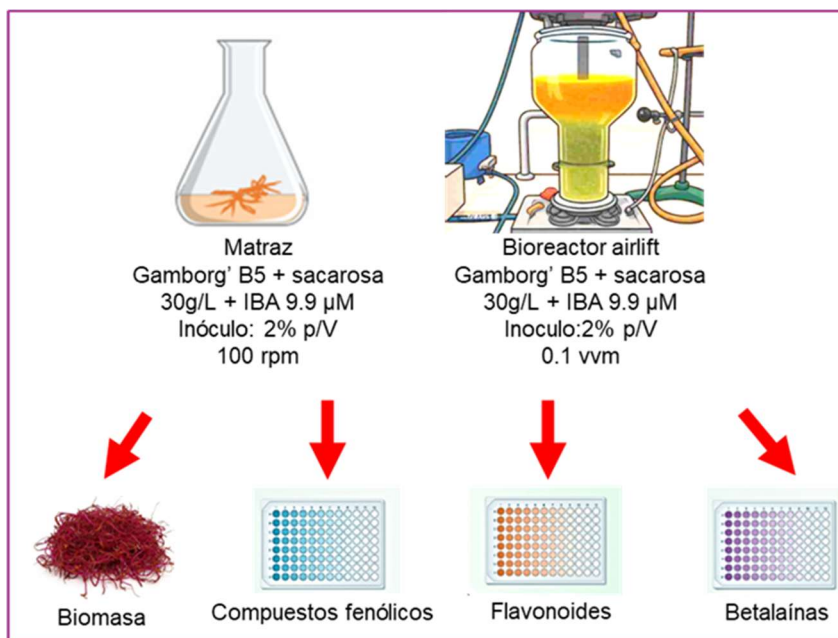
INTRODUCCIÓN

Gomphrena globosa L. (Amaranthaceae), también conocida como siempreviva o “amaranto globo”, es una planta ornamental que además ha sido estudiada por sus propiedades funcionales, dado que sus flores contienen pigmentos betalainas (gomphreninas) con capacidad antioxidante, además de compuestos fenólicos y flavonoides [1-3]. En infusiones de flores de *G. globosa*, se han identificado gomphreninas aciladas y sus productos de decarboxilación vía LC-MS, así como una rica variedad de metabolitos fenólicos [4]. En estudios de optimización de extracción, se ha logrado recuperar hasta ~45 mg/g de betalainas usando condiciones óptimas de maceración [5].

El cultivo de raíces adventicias *in vitro* constituye una estrategia biotecnológica favorable para la producción sostenible de metabolitos secundarios, con ventajas en control de condiciones, escalabilidad y consistencia [6]. En particular, los biorreactores tipo airlift han demostrado ser eficientes para cultivo de raíces en especies medicinales como *Echinacea purpurea*⁷ y *Hypericum perforatum*⁸ para la producción de compuestos fenólicos y flavonoides.

No obstante, a la fecha no hay reportes extensivos del cultivo *in vitro* de raíces de *G. globosa* en biorreactor airlift y su producción de metabolitos como betalainas, fenoles y flavonoides. Por ello, el presente estudio tiene como objetivo establecer un cultivo de raíces adventicias de *G. globosa* en un biorreactor airlift y cuantificar compuestos fenólicos totales, flavonoides totales y betalainas en los extractos mediante métodos espectrofotométricos (UV-Vis). Con esto se busca demostrar el potencial de raíces *in vitro* de *G. globosa* como biorreactores para metabolitos útiles.

MATERIALES Y MÉTODOS



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento de raíces en bioreactor

Durante el periodo de cultivo, las raíces de *Gomphrena globosa* en el biorreactor airlift mostraron un crecimiento progresivo (Figura 1), la biomasa aumentó desde la inoculación hasta alcanzar una biomasa de 7.2 g PS/L mientras que en matraz la biomasa fue 2.0 g PS/L, ambos hacia los 14 días de cultivo. Esto representó un índice de crecimiento de 3.27 respecto al inóculo inicial de las raíces en el biorreactor, lo cual corresponde a un rendimiento $Y_{X/S} = 0.82$ g de biomasa/g sustrato. La aireación controlada en el sistema airlift favoreció la oxigenación del medio sin causar daños mecánicos excesivos a las raíces. En matraz la biomasa final fue 2.0 g PS/L.

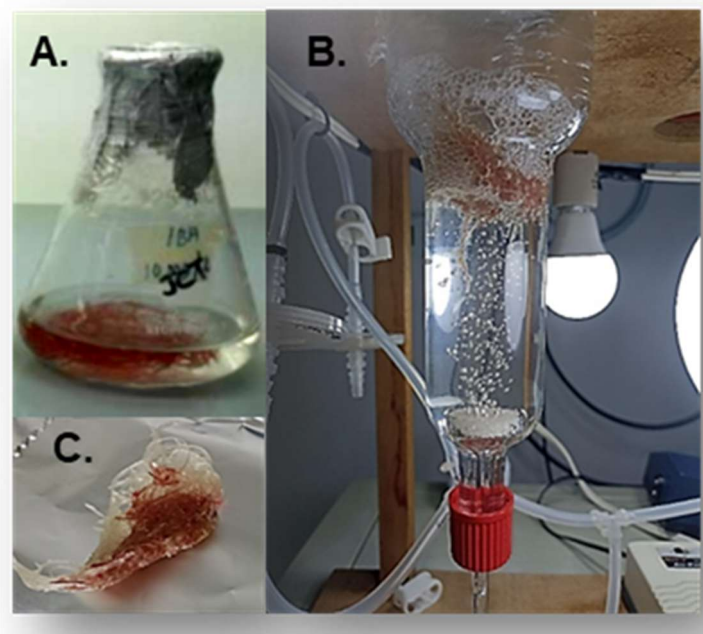


Figura 1. Producción de biomasa de raíces de *Gomphrena globosa* en biorreactor airlift. A. Raíces en matraz. B. Raíces en biorreactor. C. Biomasa final recolectada a los 14 días de cultivo.

Producción de metabolitos: fenoles, flavonoides y betalainas

Las raíces cultivadas en el biorreactor airlift produjeron el mayor contenido de compuestos fenólicos (27.2 mg EAG/g PS) en comparación a las cultivadas en matraz. No se observaron diferencias significativas en el contenido de flavonoides y betalainas (Tabla 1).

Tabla 1. Contenidos de compuestos bioactivos en cultivos de raíces de *G. globosa* en matraz y en biorreactor airlift.

Tratamiento	Compuestos fenólicos (mg AG/mg PS)	Flavonoides (mg EQ/mg PS)	Betalainas (mg EA /g PS)
Matraz	20.6±0.21 ^b	2.6±0.4 ^a	3.8±0.1 ^a
Biorreactor airlift	27.2 ±0.26 ^a	2.9±0.1 ^a	3.6±0.0 ^a

Estos resultados apoyan la viabilidad de uso de raíces de *G. globosa* en cultivo *in vitro* como fuente de metabolitos.

CONCLUSIÓN

El cultivo de raíces de *Gomphrena globosa* en bioreactor airlift es factible y permite obtener biomasa suficiente para análisis de metabolitos secundarios. Los contenidos obtenidos (compuestos fenólicos, flavonoides, betalainas) demuestran que las raíces *in vitro* pueden servir como plataforma biotecnológica para producción de pigmentos funcionales y antioxidantes, en alternativa o complemento a tejidos florales.

REFERENCIAS

- [1] Silva, L.R.; Valentão, P.; Faria, J.; Ferreres, F.; Sousa, C.; Gil-Izquierdo, A.; Pinho, B.R.; Andrade, P.B. (2012). Phytochemical investigations and biological potential screening with cellular and non-cellular models of globe amaranth (*Gomphrena globosa* L.) inflorescences. *Food Chemistry* 135 (2), 756-763.
- [2] Drobnicka, N.; Sutor, K.; Kumorkiewicz-Jamro, A.; Spórna-Kucab, A.; Antonik, M.; Dziedzic, E.; Świergosz, T.; Ortyl, J.; Wybraniec, S. (2020). Phytochemical Molecules from the Decarboxylation of Gomphrenins in Violet *Gomphrena globosa* L.-Floral Infusions from Functional Food. *International Journal of Molecular Sciences* 21 (22), 8834.
- [3] Roriz, C.L.; Barros, L.; Prieto, M.; Morales, P.; Ferreira, I.C. (2017). Floral parts of *Gomphrena globosa* L. as a novel alternative source of betacyanins: Optimization of the extraction using response surface methodology. *Food Chemistry* 229, 223-234.
- [4] Roriz, C.L.; Barros, L.; Prieto, M.; Barreiro, M.F.; Morales, P.; Ferreira, I.C. (2017). Modern extraction techniques optimized to extract betacyanins from *Gomphrena globosa* L. *Industrial Crops and Products* 105, 29-40.
- [5] Baque, M.A.; Moh, S.; Lee, E.; Zhong, J.; Paek, K. (2011). Production of biomass and useful compounds from adventitious roots of high-value added medicinal plants using bioreactor. *Biotechnology Advances* 30 (6), 1255-1267.
- [6] Marchev, A.S.; Georgiev, M.I. (2020). Plant *in vitro* systems as a sustainable source of active ingredients for cosmeceutical application. *Molecules* 25 (9), 2006.
- [7] Wu, C.H.; Murthy, H.N.; Hahn, E.J.; Paek, K.Y. (2007). Large-scale cultivation of adventitious roots of *Echinacea purpurea* in airlift bioreactors for the production of chichoric acid, chlorogenic acid and caftaric acid. *Biotechnology Letters* 29, 1179-1182.
- [8] Cui, X.H.; Murthy, H.N.; Paek, K.Y.; Lee, E.J. (2014). Pilot-scale culture of *Hypericum perforatum* adventitious roots in airlift bioreactors for bioactive compound production. *Applied Biochemistry and Biotechnology* 174 (2), 784-792.

Mecanosíntesis de iminas

Luciano Hernández Dylan¹, Cruz Peña Roxana¹, Ramírez Marroquín Oscar Abelardo^{2*}

¹Ingeniería en Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

²Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Química Aplicada, Universidad del Papaloapan.

*email: oramirez@unpa.edu.mx

INTRODUCCION

La mecano-síntesis es una técnica que se basa en la aplicación de energía mecánica, como la molienda o la fricción, para inducir reacciones químicas. A diferencia de los métodos tradicionales, que requieren calor o disolventes [1], la mecano-síntesis es más amigable con el medio ambiente y permite la síntesis de diversos compuestos, como las iminas. En el caso de estas últimas, el proceso facilita una obtención más eficiente y rápida.

La imina es un grupo orgánico que contiene un doble enlace carbono-nitrógeno [2]. En los últimos años, las iminas han captado una gran atención en la investigación biomédica debido a su empleo en la síntesis de productos naturales biológicamente activos. Se encuentran tanto en compuestos naturales como en sistemas biológicos, los compuestos sintéticos que contienen un grupo imina han demostrado múltiples aplicaciones prácticas, siendo intermediarios clave en la formación de otros compuestos orgánicos [3].

Otro de los usos potenciales de las iminas es la preparación de productos farmacéuticos. Uno de los estudios más relevantes es sobre su actividad antibacteriana, ya que tienen un efecto negativo en el crecimiento de cepas de micobacterias. Como *Mycobacterium tuberculosis*, el agente etiológico de la tuberculosis [3].

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la síntesis de las iminas objetivo se utilizaron aminas primarias y aldehídos aromáticos en proporción molar 1:1. Las reacciones se llevaron a cabo por molienda en un mortero con pistilo de porcelana por 5 o hasta 10 minutos, sin disolvente. El avance de la reacción se monitoreó mediante cromatografía en capa fina.

1. Síntesis de iminas:

En un mortero con pistilo se mezclaron las aminas seleccionadas con sus correspondientes aldehídos en una proporción molar 1:1.

La mezcla se sometió a molienda mecánica durante 5 a 10 minutos hasta obtener un sólido homogéneo.

El producto obtenido se dejó reposar para favorecer la condensación y la formación del enlace imina (C=N).

2. Purificación:

Algunos sólidos obtenidos se recrystalizaron a partir de un disolvente adecuado o se lavaron con disolventes en frío para eliminar impurezas del producto crudo.

3. Caracterización:

Se determinó el punto de fusión de cada compuesto, y se reporta en la tabla 1.

La estructura molecular de los compuestos sintetizados se confirmó por espectrometría de RMN (¹H y ¹³C).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La mecano-síntesis permitió la obtención de seis iminas a partir de diferentes combinaciones de aminas y aldehídos. En general, las reacciones se completaron en tiempos cortos de molienda (5–10 minutos), lo cual demuestra la eficiencia de esta técnica frente a métodos convencionales, que requieren horas en agitación utilizando disolventes.

En cuanto a los rendimientos, se observaron diferencias notables entre los compuestos sintetizados (20-95%). Por ejemplo, la imina obtenida a partir de *p*-anisidina y 5-nitro-2-tiofencarboxaldehído **2** presentó un rendimiento del 73%, mientras que la reacción entre *p*-anisidina y 4-nitrobenzaldehído alcanzó solo un rendimiento de 31%. El mayor rendimiento correspondió a la imina derivada de *p*-aminofenol con 5-nitro-2-tiofencarboxaldehído **5** (95%). Por otro lado, el menor rendimiento (20%) se obtuvo en la síntesis con *p*-aminofenol y 4-nitrobenzaldehído (imina **4**).

Respecto a los puntos de fusión, los valores variaron entre 103–120 °C y 171–174 °C, mostrando diferencias en la temperatura que reflejan la influencia de los grupos funcionales presentes en cada estructura, así como la pureza del producto.

La confirmación estructural se llevó a cabo mediante espectrometría de resonancia magnética nuclear de ^1H y ^{13}C , lo que verificó la formación de los enlaces $\text{C}=\text{N}$ característicos de las iminas en todos los casos.

En conjunto, los resultados obtenidos demuestran que la mecanosíntesis es una técnica rápida y eficiente para la obtención de iminas. Las diferencias en rendimiento y propiedades físicas observables (colores) entre los compuestos resaltan la importancia de los reactivos en la estabilidad y formación de estos productos. Además, el hecho de obtener buenos resultados en tiempos cortos de reacción demuestra el potencial de la mecanosíntesis como método alternativo en la química. Las iminas obtenidas serán posteriormente evaluadas como agentes inhibidores de *Mycobacterium tuberculosis* y de líneas celulares de cáncer, ya que se obtuvo de 57.1mg a 439.7mg de cada compuesto.

Tabla 1. Resultados de las reacciones.

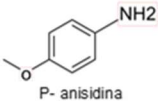
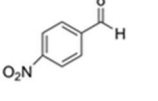
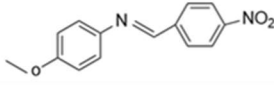
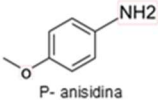
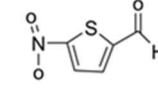
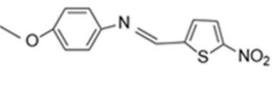
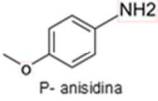
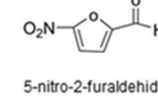
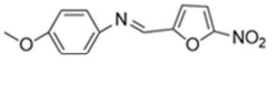
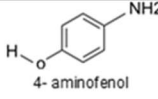
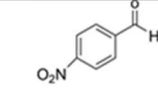
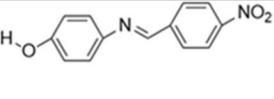
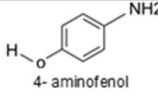
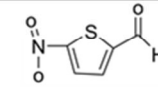
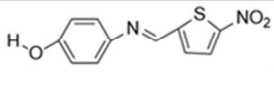
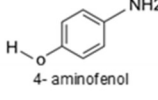
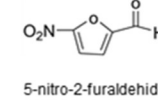
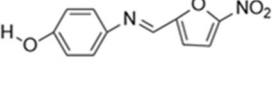
Imina	Amina	Aldehído	Producto	Tiempo de molienda	Rendimiento	Punto de fusión
1	 P- anisidina	 4-nitrobenzaldehído		10 minutos	31%	134°-137°
2	 P- anisidina	 5-nitro-2-tiofenocarboxaldehído		10 minutos	73%	152°-157°
3	 P- anisidina	 5-nitro-2-furaldehído		5 minutos	83%	120°- 123°.7
4	 4- aminofenol	 4-nitrobenzaldehído		10 minutos	20%	171°-174°
5	 4- aminofenol	 5-nitro-2-tiofenocarboxaldehído		5 minutos	95%	103°-120°
6	 4- aminofenol	 5-nitro-2-furaldehído		5 minutos	77%	158°-170°



Figura 1. Imagen de las iminas almacenadas en viales.

CONCLUSIÓN

La mecanosíntesis es una técnica eficiente y amigable con el medio ambiente para la obtención de iminas, al permitir la síntesis de seis compuestos de manera sencilla y sin necesidad del uso de disolventes dañinos para el medio ambiente. Además de la importancia académica y científica del proyecto, pude reforzar mis habilidades en el laboratorio, adquirir nuevos conocimientos y acercarme a la investigación científica.

Este trabajo no solo me permitió comprender la relevancia de las iminas en la química orgánica y en el área farmacéutica, sino que también me motivó a valorar el impacto de la investigación científica en la solución de problemas de salud pública, como la tuberculosis. En conjunto, el Verano Científico fue una experiencia enriquecedora que contribuyó a mi formación profesional.

REFERENCIAS

- [1] Vázquez, R.A.; Coreño, O.; Veloz, M.A.; Reyes, V.E.; Martínez, M.; Zamora, F.; Sánchez, L.A.; Avilés, G.; Cadena, J.H. (2008). Mecanosíntesis: Síntesis en estado sólido de compuestos orgánicos nitrogenados de tipo imina. https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icbi/LI_RecCorr/victor_reyes/S2-BYQ.pdf
- [2] Estudiando. (s.f.). ¿Qué es una imina? Estructura y mecanismo de formación. Estudiando.
- [3] Peralta Cruz, J. (2007). Síntesis y actividad microbiológica de oxazolinas derivadas de aldehídos aromáticos (Reporte de proyecto 2007-1194). Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional.

Procesamiento de polímeros termoplásticos con un derivado de lignina

Hernández Rodríguez Danitza¹, Beltrán Mendoza Edgar², Valera Zaragoza Mario^{3*}

¹Licenciatura en Ciencias Químicas, Universidad del Papaloapan.

²Doctorado en Ciencias Químicas, División de Estudios de Posgrado, Universidad del Papaloapan.

³Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Química Aplicada, Universidad del Papaloapan.

* email: mvalera@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Uno de los desafíos más relevantes en el ámbito de los polímeros es su alta inflamabilidad, la cual limita su uso en sectores estratégicos como la construcción, la electrónica, el transporte y el embalaje. Para superar esta limitación, se han explorado diferentes estrategias de modificación, entre ellas la incorporación de aditivos ignífugos de origen mineral y biobasado, que permitan mejorar la resistencia al fuego sin comprometer las propiedades mecánicas o ambientales del material [1].

El término lignina identifica una molécula que consiste en una red polimérica tridimensional, amorfa y aleatoria que no tiene una estructura bien definida, uniforme y homogénea y unidades repetitivas bien definidas. Después de la celulosa, es el biopolímero más abundante y constituye alrededor del 15-30% de la madera y del 12-20% de los cultivos anuales [2]. La lignina constituye una alternativa interesante como relleno, aditivo o precursor químico para materiales poliméricos. Sin embargo, su heterogeneidad química, su estabilidad térmica limitada y su compatibilidad con matrices poliméricas hidrofóbicas exigen modificaciones y estrategias de procesamiento específicas para incorporarla con éxito en termoplásticos [3].

MATERIALES Y MÉTODOS

Se prepararon 3 muestras a base de polietileno y copolímero EVA. A cada sistema polimérico se le incorporó un 3 % en peso de arcilla, manteniendo esta concentración constante en todas las muestras. La proporción del derivado de lignina y del polímero se varió de acuerdo con el diseño experimental, según se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1. Composición de las muestras (% en peso).

Muestra	Polímero base(%)	Polímero(%)	Arcilla(%)	Derivado de lignina(%)
ELA-1	EVA-40	96.0	3.0	1.0
PLA-1	LDPE	96.0	3.0	1.0
PLA-1.5	LDPE	95.5	3.0	1.5

Posteriormente, las muestras fueron procesadas en un extrusor a una velocidad de 80 rpm. La temperatura de procesamiento se ajustó en función del polímero utilizado, de manera que se optimizara la homogeneidad de la mezcla. Los productos obtenidos se caracterizaron mediante FTIR, TGA y SEM. También se realizaron pruebas antiplama.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante SEM se observó que la muestra ELA-1 tiene una morfología esférica, con tamaños de partícula en el rango de 70 a 400 nm. También se observó que la muestra PLA-1 presenta una morfología predominantemente esférica, con la formación de una red superficial heterogénea (Fig.1). Por el análisis de TGA se evaluó la estabilidad térmica de las muestras. Se observó que la muestra ELA-1 presentó un desplazamiento en la temperatura de degradación, mientras que la muestra PLA-1 mostró una ligera variación en su comportamiento térmico.

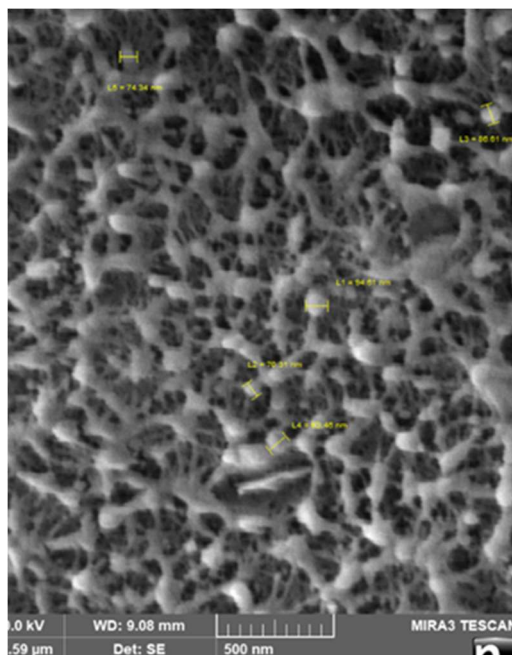


Figura 1. Morfología por SEM de la muestra PLA-1.

CONCLUSIÓN

Los nanocompuestos obtenidos muestran que la adición de lignina y arcilla modifica tanto la morfología como el comportamiento térmico de los sistemas poliméricos. La muestra ELA-1 evidenció mejor dispersión y mayor desplazamiento en la degradación térmica, lo que indica una mejor interacción entre sus componentes. En cambio, la muestra PLA-1 presentó una estructura más heterogénea y variaciones térmicas menores, sugiriendo que el EVA es un sistema más favorable para la incorporación de lignina y arcilla en el desarrollo de materiales con propiedades mejoradas.

REFERENCIAS

- [1] Aditivo bio-basado para aplicaciones ignífugas | Artículos Online. (s. f.). Revista Ecoconstrucción Noticias de Construcción Sostenible y Novedades En el Sector.
- [2] Mexpolímeros. (s. f.). Lignina — Polímeros termoplásticos, elastómeros y aditivos. (Fichas técnicas y aplicaciones prácticas).
- [3] Maceda, A. (2021). Lignina: composición, síntesis y evolución. Madera y Bosques.

Síntesis de fosforamidatos mediante microrreactor de flujo continuo

Ortíz Lilián Alejandro¹, Ramírez-Marroquín Oscar Abelardo², Martínez Galero Nelda Xanath^{2*}

¹Ingeniería en Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

²Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Química Aplicada, Universidad del Papaloapan.

*email: nmartinez@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Los fosforamidatos constituyen una clase de compuestos organofosforados caracterizados por la presencia del enlace P–N, con amplias aplicaciones en química medicinal, biología molecular y catálisis orgánica. Estos compuestos se emplean como pro-fármacos, agentes antivirales y antitumorales, además de ser intermediarios valiosos en la síntesis de nucleótidos modificados y derivados fosforilados con actividad biológica [1-3]. Tradicionalmente, la síntesis de fosforamidatos se ha llevado a cabo mediante métodos en fase homogénea en batch, empleando agentes fosforilantes reactivos que generan subproductos corrosivos que requieren condiciones rigurosas de control térmico. Por otra parte, los microrreactores de flujo continuo se han consolidado como una alternativa tecnológica sostenible para la síntesis de compuestos [4] en contraste con los reactores batch (Figura 1). El objetivo de este trabajo es optimizar las condiciones de reacción en la síntesis de fosforamidatos en un microrreactor de flujo continuo empleando 2-piridilpiperazina y clorofosfato de difenilo como precursores.

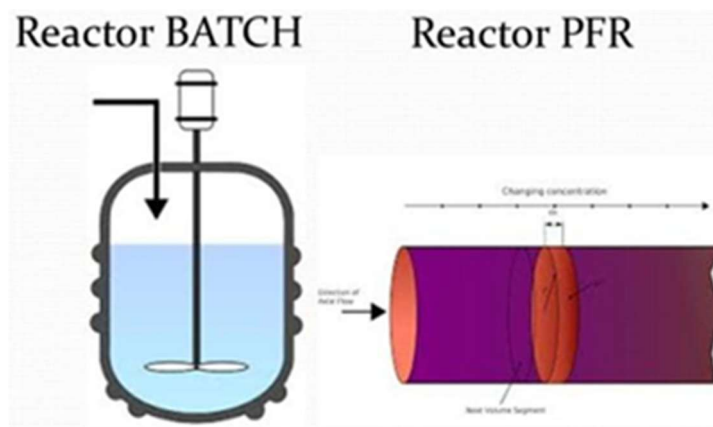


Figura 1. Reactores batch y de flujo pistón.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los reactivos utilizados incluyen difenilclorofosfato $(\text{PhO})_2\text{P}(\text{O})\text{Cl}$ (Sigma-Aldrich, 98%) y aminas solubilizadas en disolventes anhidros como acetonitrilo (MeCN) o tetrahidrofurano (THF). El microrreactor utilizado fue un sistema de vidrio borosilicato con un volumen interno de 1 mL y un diámetro de canal de 500 μm , acoplado a una bomba de jeringa dual (Asia, Syrris) que permite controlar con precisión los caudales de los reactivos. El sistema se operó a temperatura controlada. Se realizó una mezcla de flujos a razón molar 1:1 (clorofosfato:amina) bajo régimen laminar ($\text{Re} < 100$). La síntesis de los fosforamidatos, se utilizó como referencia un método de síntesis descrito en la literatura [5], en donde utilizaron arilpiperazina, clorofosfato, como se muestra en la figura 2.

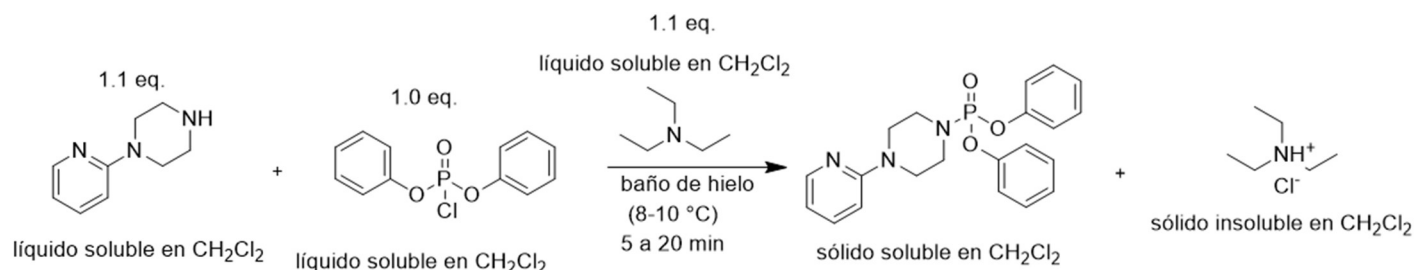


Figura 2. Condiciones de reacción en el reactor batch de la síntesis del compuesto 1.

La reacción en flujo pistón se realizó en un microrreactor (Asia, Syrris) utilizando un DOE factorial 2k (Tabla 1) provisto de alimentación constante a 50 $\mu\text{L}/\text{min}$, tanto de disolvente como de los reactivos. El análisis de los productos se realizó en espectrómetros de FT-IR (Spectrum 100, Perkin Elmer) y de RMN (Spinsolve 80, Magritek).

Tabla 1. Diseño experimental de la microsíntesis de 1.

Variable	Niveles
Flujo	50, 200, 1000 $\mu\text{L}/\text{min}$
Temperatura	-10, 0, +10 $^{\circ}\text{C}$
Base	Et ₃ N, DIPEA

El efluente del microrreactor fue recolectado y purificado mediante extracción líquido-líquido con éter etílico y posterior evaporación del disolvente. Los productos se caracterizaron por espectroscopía ^1H , y ^{13}C NMR, además de FTIR para confirmar la formación del enlace P–N.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La reacción de fosforamidación mostró un comportamiento altamente dependiente de la temperatura. Este efecto se atribuye al alto coeficiente de transferencia de calor ($h \approx 5000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$) y a la eficiencia de mezcla molecular en canales microescalares ya que los microrreactores permiten evitar zonas locales de sobrecalentamiento que promueven reacciones paralelas no deseadas. El espectro FTIR de los productos de cada experimento del DOE mostró una banda intensa en $1240\text{--}1260 \text{ cm}^{-1}$ correspondiente al estiramiento P=O, y una señal en 970 cm^{-1} asociada al enlace P–N. Indicando la formación del producto 1. Comparativamente, los rendimientos obtenidos en flujo superan los descritos en procesos discontinuos descritos por Attanasi et al. (2021) y Li et al. (2022), quienes obtuvieron rendimientos de 70–85% bajo catálisis básica [6-7]. La combinación de intensificación de mezcla, disipación térmica eficiente y control estequiométrico confieren a la metodología en flujo ventajas sustanciales sobre los métodos convencionales.

CONCLUSIÓN

La síntesis de fosforamidatos mediante microrreactor de flujo continuo constituye una alternativa segura, eficiente y sostenible a los métodos tradicionales en batch. Los resultados demostraron mejoras notables en conversión, selectividad y pureza del producto, además de una notable reducción de residuos tóxicos y consumo de disolvente.

REFERENCIAS

- [1] Ramírez-Marroquín, O.A.; Romero-Estudillo, I.; Viveros-Ceballos, J.L.; Cativiela, C.; Ordóñez, M. (2016). Convenient synthesis of cyclic α -aminophosphonates by alkylation-cyclization reaction of iminophosphoglycinates using phase-transfer catalysis. *Eur. J. Org. Chem.* 2016 (2), 308-313. <https://doi.org/10.1002/ejoc.201501203>
- [2] Mayorquín-Torres, M.C.; Simoens, A.; Bonneure, E.; Stevens, C.V. (2024). Synthetic Methods for Azaheterocyclic Phosphonates and Their Biological Activity: An Update 2004-2024. *Chemical Reviews* 124 (12), 7907-7975. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.4c00090>
- [3] Vijai Anand, A.S.; Perinbanathan, S.; Gokul, A.S.; Veerashekhar Goud, E.; Ranjan, P.; Desikan, R.; Brahmananda Rao, C.V.S.; Sivaramakrishna, A. (2025). Fully functionalizable triphenylamine with mono/di/tri α -aminophosphonates: synthesis, photophysical, morphological, and anticancer properties. *Journal of Molecular Liquids* 6, 128625. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2025.128625>
- [4] Choi, J.; Kim, S.; Kim, J.; Lee, H. (2023). Continuous-Flow Synthesis of Phosphoramidates via Microreactor Technology for Pharmaceutical Applications. *React. Chem. Eng.* 8, 1532-1543. <https://doi.org/10.1039/D3RE00067F>
- [5] Zamudio-Medina, A.; Pérez-Hernández, N.; Castrejón-Flores, J.L.; Romero-García, S.; Prado-García, H.; Bañuelos-Hernández, A.; Franco-Pérez, M. (2021). Obtaining symmetric and asymmetric bisphosphoramidates and bisphosphoramidothioates by a single step multicomponent reaction. *Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements* 196 (7), 634-642. <https://doi.org/10.1080/10426507.2021.1878358>
- [6] Attanasi, O.A.; Filippone, S.; Merli, D. (2021). Synthesis of P–N and P–O Compounds by Controlled Flow Methods. *Org. Process Res. Dev.* 25, 1413-1425. <https://doi.org/10.1021/acs.oprd.1c00156>
- [7] Li, X.; Xu, Z.; Liu, P.; Wang, H.; Liu, Z. (2022). Intensified Flow Synthesis of Organophosphorus Compounds Using Microreactors. *Chem. Eng. Sci.* 257, 117658. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2022.117658>

Proteómica de hojas de *Alternanthera brasiliana*

Costeño Cruz Abihail Paola¹, Anaya Esteban Eduardo², Huerta Heredia Arlene Ariana^{3,4*}

¹Ingeniería en Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

²Doctorado en Biotecnología, División de Estudios de Posgrado, Universidad del Papaloapan.

³Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

⁴Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI).

*email: ahuerta@unpa.edu.mx; aahuerta@secihtl.mx

INTRODUCCIÓN

Alternanthera brasiliana, conocida popularmente como hoja rubí es una planta herbácea perenne perteneciente a la familia *Amaranthaceae*. Es originaria de las regiones tropicales y subtropicales de América, extendiéndose desde México hasta Brasil, es una especie robusta que presenta tallos erectos que pueden alcanzar entre 0.1 y 1.2 metros de altura. Es de rápido crecimiento, ya que requiere pocos cuidados y se propaga fácilmente mediante esquejes. Su rasgo más distintivo es el follaje: sus hojas opuestas son lanceoladas y presentan una coloración intensa, típicamente púrpura intenso o vino en la parte superior y verde brillante en la inferior (su pigmentación se debe a su alto contenido de antocianinas) [1-2].

El interés en *A. brasiliana* es dual, ya que ha sido históricamente una planta destacada en la medicina popular regional. La infusión de sus hojas y flores se utiliza tradicionalmente como un remedio versátil, con propiedades atribuidas de tipo diurético, digestivo, depurativo y antibiótico [2]. Por otro lado, se ha posicionado como una línea de investigación prometedora en la búsqueda de agentes antiproliferativos debido a que existen reportes sobre su actividad biológica, donde extractos crudos de esta planta tienen un efecto antitumoral comparable al fármaco estándar 5-Fluorouracilo [2]. Un trabajo previo realizado por Sánchez-Velasco (2024), evaluó la actividad antiproliferativa de 4 bandas proteicas en el rango de peso molecular de 17 a 35 kDa, aisladas a partir de hojas maduras de *A. brasiliana*, obteniendo así dos bandas (17 y 27 kDa) con actividad antiproliferativa comparables al fármaco quimioterapéutico Doxorubicina (DOXO) [3]. Es por ello, que el objetivo de este trabajo fue aislar e identificar mediante técnicas de proteómica, las proteínas contenidas en las bandas correspondientes a los pesos moleculares con actividad antiproliferativa y punto isoelectrico (básico) proveniente de hojas de *A. brasiliana*.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una extracción de proteínas por el método de TRI-Reagent a partir de 250 mg de hojas de *Alternanthera brasiliana*. El proceso inició con maceración de la muestra, congelada y molida con nitrógeno líquido, a la que se añadió 1mL de la solución de TRI-Reagent, incubándose a temperatura ambiente por 10 minutos. Posteriormente, la mezcla se centrifugó a 12000 rpm para recuperar el sobrenadante, el cual contenía a las proteínas y ácidos nucleicos. A este sobrenadante se le añadió cloroformo (1:1 TRI-Reagent) y se centrifugó a 12000 rpm, logrando la separación de fases: la fase acuosa superior (RNA), interfase (ADN) y la fase orgánica inferior que contiene las proteínas. Finalmente, se precipitaron con etanol (99.5%) e isopropanol. El precipitado se lavó tres veces con etanol (95%), intercalando cada lavado con una centrifugación a 8650 rpm para asegurar la eliminación de impurezas y se resuspendió con buffer de rehidratación.

Para separar la proteína según su peso molecular se realizó una electroforesis SDS-PAGE en un gel al 15% y tampón Tris-Glicina-SDS. Las muestras se prepararon con buffer de carga (1:3) y se incubaron a 95°C durante 5 min, finalmente se cargaron 20 µL de la muestra en cada pozo. La electroforesis se llevó a cabo a 70 V durante 20 min y posteriormente a 100 V durante 120 min, tras la corrida se tiñó con azul de coomassie y se destiñó con una solución de metanol, ácido acético, y agua desionizada en una relación de 40:10:50.

La cuantificación de proteína se realizó utilizando el Kit 2D Quant utilizando 5 µL de proteína soluble, posteriormente se leyó a 480 nm. Finalmente, el contenido de proteína (µg) se estimó utilizando una curva de calibración de BSA.

Una vez determinada la concentración de proteína en la muestra, se preparó y ajustó a una concentración de 2.3 µg/µL en un volumen de 125 µL (se diluyó con tampón de rehidratación) para hidratar pasivamente las tiras de IEF (16 horas

a una temperatura de 20°C). Las muestras de proteína preparadas se colocaron en cada canal de una bandeja de plástico limpia; después las tiras IPG se colocaron en contacto con la muestra evitando la formación de burbujas para prevenir una mala separación. Finalmente, se adicionaron 2.5 mL de aceite mineral sobre la IEF para evitar la evaporación de la muestra y cristalización de la urea. Para la separación de la muestra por isoelectroenfoque se utilizó el programa 1 predeterminado por el equipo Hoefer IEF-100. Una vez realizada la separación por punto isoelectrico (1 dimensión), la tira se equilibró usando los reactivos de equilibrio BIO-RAD (2.5 mL durante 10 min). La tira se sumergió en tampón Tris-glicina para eliminar los restos de reactivo de equilibrio. Posteriormente, la tira se colocó en el compartimiento del gel (el gel SDS-PAGE se realizó durante los pasos de equilibrio) y finalmente se realizó la electroforesis SDS-PAGE (2 dimensión) como en el apartado anterior.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La cuantificación de la proteína obtenida por el metodo TRI-Reagent fue de 3.9 µg/µL, lo que permitió realizar la electroforesis SDS-PAGE en 1D y 2D (Fig.1). Los perfiles se comparan a los obtenidos por Sanchez-Velasco (2024). El gel 2D arrojó 6 spots proteicos en las bandas seleccionadas (PM: 17 y 27 kDa, pl: básico). Lass spots fueron aisladas y enviadas para su respectiva secuenciación.

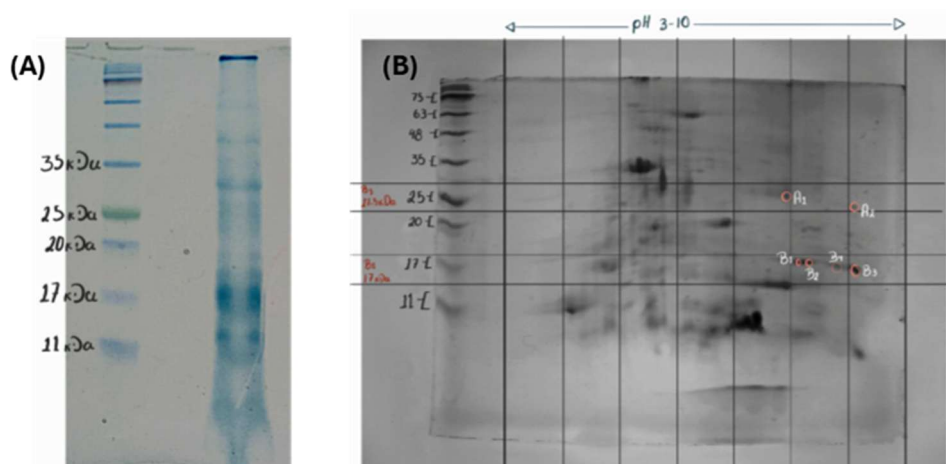


Figura 1. A) Perfil proteico SDS-PAGE al 15% de extractos de proteínas de hojas de *A. brasiliana* extraídas por TRI-Reagent. B) Gel 2D-SDS-PAGE de *Alternanthera brasiliana*. Los cirulos indican los 6 spots seleccionados a 17 y 27 kDa aproximadamente.

CONCLUSIÓN

Se recuperaron 6 spots de proteínas de las bandas seleccionadas con actividad antiproliferativa.

REFERENCIAS

- [1] Singla, R.K.; Dhir, V.; Madaan, R.; Kumar, D.; Singh Bola, S.; Bansal, M.; Kumar, S.; Dubey, A.K.; Singla, S.; Shen, B. (2022). The Genus *Alternanthera*: Phytochemical and Ethnopharmacological Perspectives. *Frontiers in Pharmacology* 13. <https://doi.org/10.3389/fphar.2022.769111>
- [2] Patro, R. (2006). *Alternanthera - Alternanthera brasiliana*. Planterista.
- [3] Sánchez-Velasco, F. (2024). Actividad antiproliferativa de proteínas de hojas de *Alternanthera dentata* (L.) Kuntze. Tesis de licenciatura. Universidad del Papaloapan.

Análisis de rutas de recolección de residuos en la comunidad de Benemérito Juárez, Tuxtepec, Oaxaca, mediante matemáticas discretas

Hernández- Navarrete Miguel Ángel¹, Rojas-Carrasco Anahí², Méndez-Salinas Víctor Manuel², Kantún-Montiel Aura Lucina^{2*}

¹Licenciatura en Matemáticas Aplicadas, Universidad del Papaloapan.

²Instituto de Agroingeniería, Universidad del Papaloapan.

* email: alkantun@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

La gestión eficiente de la recolección de residuos sólidos es un problema crítico en muchas localidades, especialmente donde los servicios municipales son limitados o inexistentes [1]. En el poblado de Benemérito Juárez, perteneciente al municipio de Tuxtepec, Oaxaca, no existe actualmente un servicio regular de recolección de basura. Como consecuencia, los habitantes queman los desechos o pagan a particulares para trasladarlos al basurero, generando impactos ambientales y sociales negativos.

Con el objetivo de atender esta problemática, en el presente trabajo se aplicaron técnicas de matemáticas discretas para diseñar una ruta óptima de recolección de basura. Se seleccionaron estratégicamente diversos puntos de recolección a lo largo del poblado, representados como nodos en un grafo. Cada nodo fue identificado con un número que funciona únicamente como etiqueta para distinguir los puntos, sin representar un valor o jerarquía particular. Las aristas que los conectan corresponden a los caminos o calles que los unen, y a cada una se le asignó un peso proporcional al número de casas ubicadas en esa calle, de modo que se prioricen las rutas con mayor cobertura de viviendas.

A cada nodo se le asignó un peso equivalente a la suma de sus aristas incidentes, lo que refleja la cantidad total de viviendas accesibles desde ese punto y facilita la búsqueda de un recorrido que maximice la cobertura. En casos especiales, como el parque central, se otorgó un valor mayor que el número de casas, debido a la gran cantidad de residuos que se generan por ser punto de reunión, aunque nadie habite allí.

Este planteamiento combina el modelado con grafos y los algoritmos de optimización para determinar una ruta eficiente que recoja la mayor cantidad de basura posible, maximizando el impacto del servicio con recursos limitados. El uso de matemáticas discretas resulta especialmente adecuado, pues ofrece herramientas formales para analizar redes y optimizar recorridos en grafos ponderados [2].

MATERIALES Y MÉTODOS

Se aplicó un algoritmo de búsqueda en profundidad (DFS) con *backtracking* [3], guiado por una heurística que prioriza los nodos de mayor peso. Este algoritmo pertenece a la familia de métodos de búsqueda informada, donde la exploración del espacio de soluciones no es aleatoria ni exhaustiva, sino orientada por una regla que reduce el número de caminos a evaluar. En este caso, la heurística consiste en visitar primero los nodos más pesados, suponiendo que los recorridos que los incluyan tendrán mayor probabilidad de maximizar la suma total.

La estrategia general se basó en un recorrido en profundidad (*Depth-First Search*, DFS): desde el nodo inicial, el algoritmo explora un camino hasta donde sea posible antes de retroceder (*backtracking*) para probar alternativas. Durante la exploración se registran los nodos visitados y el peso total acumulado, evitando repeticiones. Cada vez que se alcanza el nodo final, el resultado se compara con el mejor valor obtenido hasta el momento; si es mayor, se actualiza el camino óptimo.

Para optimizar el proceso, se implementó *memoización*³, técnica que almacena resultados parciales de subcaminos ya evaluados, de modo que, si el algoritmo llega de nuevo al mismo punto con las mismas condiciones, reutiliza la información sin recalcular. Esto mejora la eficiencia, especialmente en grafos grandes o con ciclos.

El proceso inicia en el nodo 1, ubicado en la entrada del poblado, y concluye al llegar al nodo 5, el punto más cercano al basurero. El algoritmo compara los pesos acumulados en cada ruta posible y conserva solo el camino con la mayor suma total. Al finalizar, devuelve el recorrido óptimo junto con su valor total.

La restricción de camino simple en el DFS con *backtracking* generó un problema de baja cobertura: aunque el recorrido óptimo maximizó el peso total, dejó más de 20 nodos sin visitar. Esto ocurrió porque algunos puntos solo podían alcanzarse saliendo del camino principal y regresando, lo que implicaba visitar nodos ya contados. Dado que el objetivo también era maximizar la cobertura operativa, fue necesaria una segunda fase: la estrategia de rescate.

Para resolver este dilema, se implementó una post-optimización que flexibiliza la restricción de camino simple de forma controlada. Primero se identificaron los nodos "alejados", definidos como aquellos no visitados cuya distancia mínima al camino óptimo era mayor o igual a 2. Así se atendieron solo los casos de cobertura más críticos.

El proceso de rescate insertó desvíos en el camino principal para alcanzar cada nodo alejado. Para cada nodo A, el algoritmo evaluó los pares de nodos consecutivos ($X \rightarrow X'$) del camino óptimo y calculó el desvío más eficiente ($X \rightarrow \dots \rightarrow A \rightarrow \dots \rightarrow X'$). Para mantener la eficiencia energética, se permitió una tolerancia máxima de repetición (≤ 2) de nodos dentro del desvío. De esta forma, se obtuvo un recorrido extendido que, aunque deja de ser estrictamente simple, ofrece una solución más útil al maximizar la cobertura sin un costo excesivo en repeticiones.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se implementó el algoritmo en Python. Al aplicarlo al grafo dirigido que representa los puntos de recolección y sus conexiones, se obtuvo en una primera etapa el camino simple que maximiza la suma de los pesos de los nodos, partiendo del nodo 1 (entrada al poblado) y finalizando en el nodo 5 (zona próxima al basurero).

El camino óptimo está dado por la sucesión de nodos: 1, 2, 12, 13, 8, 9, 3, 29, 30, 42, 44, 43, 32, 20, 19, 31, 33, 34, 41, 40, 46, 59, 53, 52, 62, 47, 48, 39, 38, 25, 26, 27, 28, 15, 16, 17, 21, 11, 10, 24, 5.

Este recorrido cubre 41 de los 62 nodos del grafo y alcanza una suma total de 3604 en los pesos de los nodos.

Para mejorar la cobertura, se aplicó una fase de rescate destinada a integrar los nodos que se encontraban a cierta distancia del camino inicial. En esta etapa se permitió la repetición controlada de algunos vértices, lo que generó desvíos adicionales y un aumento significativo en la cantidad de nodos visitados.

El camino extendido final incluyó 52 nodos únicos de los 62 posibles (dejando solo 10 sin visitar), con una longitud total de 65 pasos y una suma acumulada de pesos en los diferentes nodos de 4039.

El camino extendido final está dado por la siguiente sucesión de nodos: 1, 2, 12, 13, 8, 9, 3, 29, 30, 31, 19, 20, 32, 42, 44, 43, 33, 34, 41, 35, 36, 37, 49, 56, 49, 50, 49, 37, 36, 35, 41, 40, 46, 59, 58, 57, 58, 59, 53, 52, 62, 47, 48, 39, 38, 25, 26, 27, 28, 15, 16, 17, 21, 11, 10, 4, 6, 7, 6, 4, 10, 24, 5.

La inclusión de desvíos controlados permitió incorporar nodos de alto valor que no formaban parte del recorrido simple, obteniendo un trayecto más completo y funcional para la cobertura del área de recolección. Cabe señalar que los nodos no incluidos en el recorrido final se encuentran a distancia 1 del camino extendido, lo que garantiza que todas las zonas del grafo permanecen accesibles y no se dejan puntos de recolección sin atender.

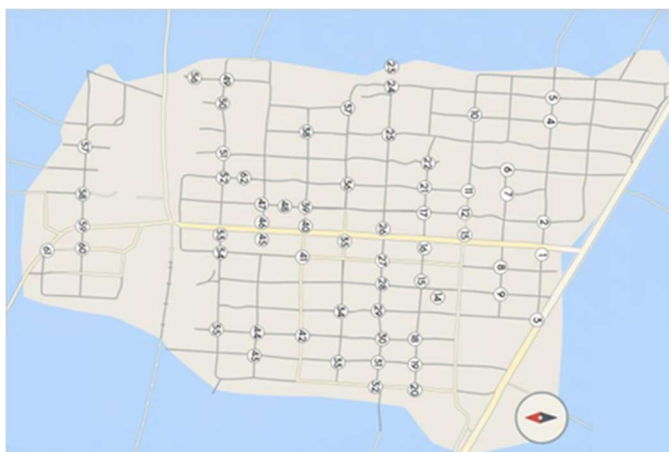


Figura 1. Distribución geográfica de los puntos de recolección.

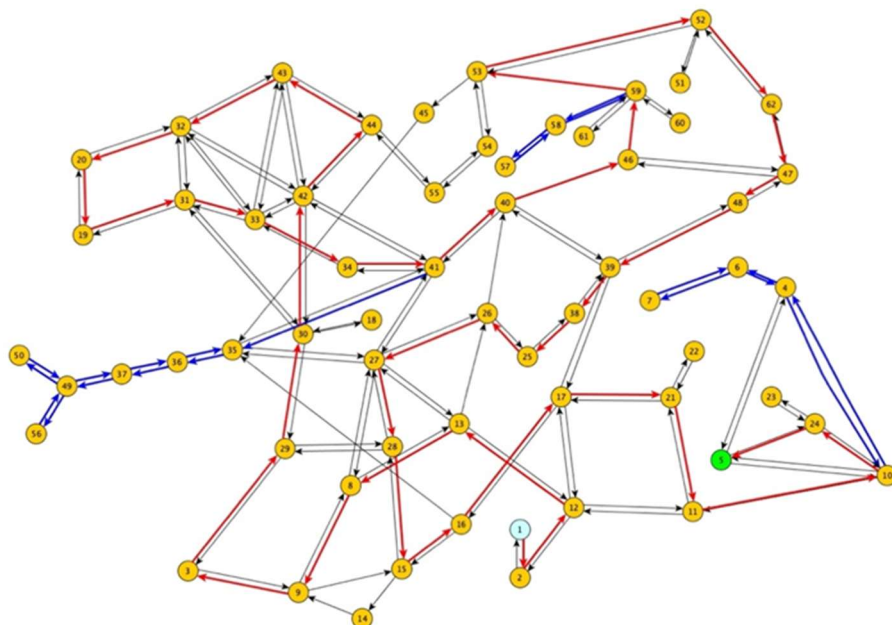


Figura 2. Grafo de puntos de recolección. En rojo se muestra el recorrido óptimo inicial y en azul los desvíos incorporados para mejorar la cobertura.

CONCLUSIÓN

Se implementó en Python un algoritmo de búsqueda en profundidad (DFS) con heurística informada para analizar el grafo de puntos de recolección de basura en Benemérito Juárez, Tuxtepec, Oaxaca. El modelo permitió identificar un recorrido óptimo entre el nodo 1 y el nodo 5 que maximiza la suma de los pesos asignados a los nodos, reflejando la eficiencia del recorrido en términos de cobertura de viviendas.

Posteriormente, la fase de rescate amplió la cobertura del servicio mediante la inserción controlada de desvíos, logrando incorporar la mayoría de los puntos del poblado sin un incremento significativo en la complejidad del recorrido. Este enfoque demostró que la combinación de heurísticas y técnicas de optimización basadas en grafos permite equilibrar eficiencia y cobertura, ofreciendo una solución viable para planificar rutas de recolección en contextos con recursos limitados.

REFERENCIAS

- [1] Aguilar Fernández, M.; Álvarez Sánchez, T.; Álvarez Cedillo, J. A. (2020). Gestión de residuos sólidos urbanos en Oaxaca, México, desde el enfoque sistemático. 6, 22 (51), 85-102.
<https://trayectorias.uanl.mx/public/anteriores/51/pdf/5.pdf>
- [2] Rosen, K.H. (2019). Discrete Mathematics and Its Applications (8th ed.). McGraw-Hill Education.
- [3] Cormen, T.H.; Leiserson, C.E.; Rivest, R L.; Stein, C. (2022). Introduction to algorithms (4th ed.). MIT Press.

Evaluación de colonias de *Bacillus subtilis* resistentes a tetraciclina

Fernández López Joana¹, Miguel-Arrieta Paola Lissette² Castro-Cerritos Karla Viridiana³

¹Licenciatura en Ciencias Químicas, Universidad del Papaloapan.

²Maestría en Ciencias Químicas, Universidad del Papaloapan.

³Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Química Aplicada, Universidad del Papaloapan.

*email: kcastro@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Para 2050, las infecciones por bacterias resistentes podrían causar 10 millones de muertes anuales. La resistencia es un proceso evolutivo natural, pero el uso excesivo de antibióticos lo ha acelerado. La contaminación ambiental por antibióticos contribuye al desarrollo de bacterias resistentes. De acuerdo con diversos informes, las tetraciclinas se encuentran entre los grupos de antibióticos frente a los cuales más comúnmente las bacterias han adquirido resistencia [1].

La exposición ambiental a los antibióticos, comúnmente se da en dosis insuficientes para inhibir la reproducción bacteriana, es decir en dosis subinhibitorias (dosis sub-CMI). Las dosis sub-CMI son capaces de inducir estrés en las bacterias que se sugiere promueven la adaptación a los antibióticos y la adquisición de mutaciones que favorecen la resistencia.

En nuestro grupo de trabajo, se observó que la exposición de cultivos de *B. subtilis* a dosis subinhibitorias de tetraciclina (0.05 µg/mL) incrementó la frecuencia de mutaciones y la frecuencia de células resistentes a tetraciclina (Tet^R) y a múltiples antibióticos (células multirresistentes) [2].

En este trabajo nos interesa evaluar la frecuencia de las células multirresistentes y estudiar el perfil proteómico de las células Tet^R cuando son expuestas a dosis inhibitorias de antibiótico para avanzar en la comprensión del mecanismo de resistencia.

MATERIALES Y MÉTODOS

Exposición de cultivos de B. subtilis a dosis subinhibitorias de tetraciclina y determinación de la frecuencia de células resistentes a tetraciclina

Se utilizó la bacteria *Bacillus subtilis* 168. Se inoculó en medio LB y se creció a 37 °C y 200 rpm durante toda la noche. Al día siguiente en 50 mL de medio A3 se añadió una dilución 1:100 del inóculo y se incubó a 37 °C y 200 rpm hasta alcanzar una densidad óptica (D.O_{600nm}) de 0.5. En ese punto el cultivo se dividió en 2, uno se tomó como control y al otro se le añadió tetraciclina a una concentración final de 0.05 µg/mL y se incubó durante 24 horas. Posteriormente, las células se colectaron por centrifugación, se lavaron con regulador de fosfato salino (PBS) y se inocularon en medio sólido LB con tetraciclina a una concentración de 15 µg/mL como medio de selección. A la par se realizaron diluciones seriadas y conteo de células viables para determinar el número de células totales. Las placas se incubaron 48 h a 37°C. Las colonias que surgieron en el medio con tetraciclina se consideran resistentes a este antibiótico. El número de colonias resistentes se dividió entre el número total de células viables para determinar la frecuencia de generación de células Tet^R. El número total de células se determinó mediante diluciones seriadas y cuenta viable en medio sin antibiótico.

Determinación de colonias multirresistentes

Las Tet^R obtenidas de los cultivos control y expuesto, se sometieron a un test de multirresistencia mediante la siembra de cada colonia en 6 medios selectivos distintos, se realizó por sembrado en tubos con medio LB₍₁₎, estos medios selectivos (antibióticos) fueron: Tetraciclina (15 µg/mL), Ciprofloxacino (3 µg/mL), Kanamicina (10 µg/mL), Cloranfenicol (25 µg/mL), Vancomicina (2 µg/mL) y Rifampicina (10 µg/mL), posterior a 24h, se observó el crecimiento.

Evaluación del perfil proteómico de las colonias Tet^R

Las 3 distintas colonias Tet^R, se crecieron en medio rico sin o con tetraciclina (15 µg/mL), después de 12 h de crecimiento, las células se cosecharon mediante centrifugación para llevar a cabo una electroforesis SDS- PAGE con el objetivo de analizar el perfil proteico de las células. El gel utilizado consistió en un gel separador con una concentración de 12 % y un gel concentrador de 4%.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Frecuencia de colonias Tet^R en cultivos de *B. subtilis* expuestos a dosis subinhibitorias de tetraciclina

Cuando un cultivo de *B. subtilis* se expone a una dosis sub-CMI (0.05 µg/mL) de tetraciclina se observa un aumento en de la frecuencia de generación de colonias con fenotipo Tet^R de 1.4 veces (figura 1). Se sugiere que la exposición a pequeñas dosis de tetraciclina causa estrés celular que puede provocar mutaciones y adaptación a condiciones que normalmente inhibirían su crecimiento.

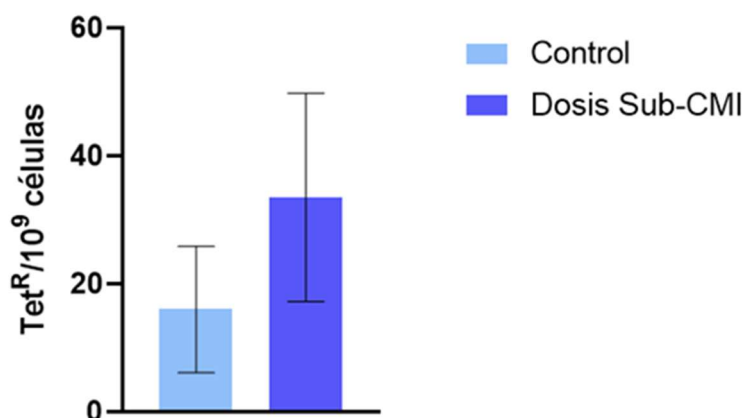


Figura 1. Frecuencia de colonias resistentes de *B.subtilis* en Tetraciclina. Los resultados representan el promedio de dos ensayos independientes +/- desviación estándar.

Determinación de multirresistencias de las colonias Tet^R

Las colonias con el fenotipo Tet^R fueron analizadas para determinar la frecuencia de células multirresistentes. Del cultivo expuesto a la dosis sub-CMI se analizaron 20 colonias, se observó que el 100% presentó resistencia a tetraciclina, mientras que el 90% mostró resistencia a ciprofloxacino. En el caso de cloranfenicol, el 70% de las colonias mostraron crecimiento, y para kanamicina, solo el 25%. El crecimiento en rifampicina fue menor, con apenas 10%, y no se detectó resistencia a vancomicina (tabla 1). Estos resultados reflejan una variabilidad en la respuesta de las colonias frente a los antibióticos con distintos mecanismos, evidenciando la capacidad adaptativa de las bacterias bajo estrés.

Tabla 1. Colonias resistentes a diferentes antibióticos. La tabla muestra la cantidad de colonias resistentes a tetraciclina que se sembraron en diferentes medios selectivos y presentaron crecimiento en medio con antibiótico a una concentración inhibitoria.

Condición	Colonias que presentaron fenotipo resistente transitorio (No. de colonias que crecieron/No. de colonias probadas)					
	Tetraciclina (15 µg/mL)	Ciprofloxacino (3 µg/mL)	Kanamicina (10 µg/mL)	Cloranfenicol (25 µg/mL)	Vancomicina (2 µg/mL)	Rifampicina (10 µg/mL)
Sub-CMI (0.11 µM)	20/20	18/20	5/20	14/20	0/20	2/20

Evaluación del perfil proteómico de las colonias Tet^R

Se seleccionaron 3 colonias Tet^R para analizar su perfil proteómico mediante SDS-PAGE en presencia y ausencia de una dosis inhibitoria de tetraciclina. En la figura 2 se observan 6 bandas proteicas más intensas cuando una misma colonia es crecida en presencia del antibiótico, respecto a la misma colonia crecida sin tetraciclina. Los tamaños aproximados son de 120, 100, 60, 30 y 25 KDa, sin embargo, para identificarlas es necesario un estudio más preciso.

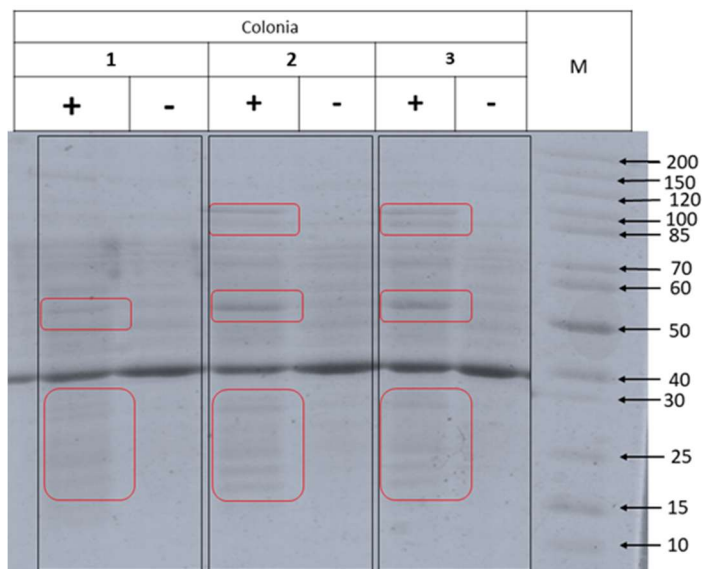


Figura 2. Análisis por SDS-PAGE del perfil proteico en colonias Tet^R en presencia y ausencia de tetraciclina. Se observó en el perfil proteico colonias Tet^R, las cuales se cultivaron en presencia y ausencia de antibiótico tetraciclina (15µg/mL), identificándose bandas proteicas aumentadas (rectángulos rojos) en presencia del antibiótico.

CONCLUSIÓN

La exposición a dosis subinhibitorias de tetraciclina, no solo promueven un incremento en la generación de colonias Tet^R, sino que un 25% de las colonias presentaron un fenotipo multirresistente. El perfil proteómico reveló varias diferencias cuando las colonias Tet^R son expuestas al antibiótico. El aumento o disminución de algunas de estas proteínas podrían explicar el fenotipo de resistencia observado, por lo que identificarlas es vital para conocer su papel en el fenotipo de resistencia.

REFERENCIAS

- [1] Pham, M.N.; Nishimura, F.; Lan, J.C.W.; Khoo, K.S. (2024). Recent advancement of eliminating antibiotic resistance bacteria and antibiotic resistance genes in livestock waste: A review. *Environ Technol Innov* 36, 103751.
- [2] Miguel-Arrieta, P.L. (2025). Análisis proteómico mediante LC-MS de cultivos de *Bacillus subtilis* expuestos a dosis subinhibitorias de tetraciclina. [Tesis de maestría, Universidad del Papaloapan].

Síntesis de nanopartículas de plata con glicerol

García Gomez Arely¹, Beltrán Mendoza Edgar², Valera Zaragoza Mario^{3*}

¹Licenciatura en Ciencias Químicas, Universidad del Papaloapan.

²Doctorado en Ciencias Químicas, División de Estudios de Posgrado, Universidad del Papaloapan.

³Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Química Aplicada, Universidad del Papaloapan.

*email: emvalera@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las nanopartículas de plata han adquirido una importante relevancia en diversos campos, especialmente en la medicina. Esto es debido a la buena actividad antimicrobiana y anticancerígena [1] que presentan. Últimamente, se están buscando nuevos métodos de síntesis de nanopartículas que sean sostenibles, económicos y ecológicos. Por otro lado, el glicerol es una molécula conformada por tres grupos hidroxilos, se caracteriza por ser un líquido viscoso que es soluble en agua, además de ser utilizado como edulcorante, conservante y no tóxico [2]. Debido a estas características, en el siguiente proyecto se muestra la exploración de la capacidad de esta sustancia para la síntesis de nanopartículas de plata, de manera que pueda utilizarse el glicerol como un agente reductor y estabilizador de nanopartículas de plata.

MATERIALES Y MÉTODOS

Equipos utilizados

Espectroscopía infrarroja (FTIR), espectroscopía UV-Vis, análisis termogravimétrico (TGA) y microscopía electrónica de barrido (FE-SEM).

Reactivos

Agua destilada, AgNO_3 y glicerol adquirido de Aldrich.

Desarrollo experimental

Realización de las reacciones

Se preparó una disolución acuosa 0.1 M de AgNO_3 . Después, se realizaron 4 experimentos de síntesis donde se utilizó en cada reacción 20 mL de solución de la sal precursora y se añadió 20 mL de glicerol. Las reacciones se realizaron a diferente temperatura (ambiente, 60, 80 y 110 °C). Para las últimas dos reacciones se requirió de mantas de calentamiento y un sistema de reflujo. Las cuatro reacciones se llevaron a cabo bajo agitación constante durante 3 h. Se monitorearon los cambios de color y la posible presencia de producto precipitado. Al finalizar las reacciones se llevaron a caracterizar mediante FTIR, UV-Vis, TGA y FE-SEM.

Preparación de muestras para la caracterización

Para realizar la caracterización en UV-Vis se tomó una alícuota de 3 mL de cada producto de reacción, colocando como blanco agua destilada y utilizando celdas de cuarzo en un rango de 200 a 800 nm. Para realizar la caracterización en FTIR se colocó una gota de la parte media de la reacción directamente en el equipo. Para la caracterización por TGA se colocaron aproximadamente 10 mg del líquido de reacción en el crisol y se estableció el método de medición utilizando un rango de temperatura de 30 a 700 °C, a una tasa de calentamiento de 10 °/min. Para la caracterización por FE-SEM se tomó una gota con una micropipeta de cada reacción y se colocó en un portamuestra con cinta de carbono, para después dejarla secar en un horno a 70 °C por 72 h. Antes de tomar las muestras se agitaron durante 5 min. Las muestras fueron tomadas de la parte media del líquido de los productos de reacción.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante las reacciones se pudieron notar cambios en la coloración del medio de reacción. La Figura 1 muestra los resultados de la tonalidad de cada reacción después de 3 h. Fue evidente la variación de color o tonalidad conforme a las distintas temperaturas. La reacción pasó de un color transparente a una tonalidad rojiza en la reacción a 60 °C y a un color marrón oscuro en las reacciones a 80 °C y 110 °C.

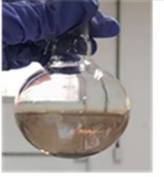
Reacciones	RxnTa	RxnT60	RxnT80	RxnT110
0 horas				
3 horas				
Observaciones	No se notaron cambios significativos de color ni formación de precipitado.	Cambio en la tonalidad hacia un rojizo. No hubo evidencia de precipitado.	Cambio en la tonalidad hacia el marrón, con la formación de un precipitado de color negro.	Cambio en la tonalidad hacia el marrón más oscuro, con la presencia de una mayor cantidad de precipitado.

Figura 1. Cambios de tonalidad o color de los productos de reacción.

En la caracterización de los productos de reacción mediante espectroscopía UV-Vis se observaron diferencias en las bandas de absorción en un rango de 400 a 600 nm. A la temperatura de 60 °C (RxnT60) se observó la banda característica de la resonancia de plasmón superficial de nanopartículas de plata³. En el análisis de FTIR se observó una banda débil (o media) alrededor de 2000 cm⁻¹ presente en las muestras RxnT60, RxnT80 y RxnT110, que no se presenta en el espectro del glicerol puro. En las micrografías realizadas por FE-SEM se observaron de forma más clara nanopartículas con morfología esférica, principalmente en la muestra RxnT110.

CONCLUSIÓN

Las reacciones realizadas en este proyecto confirmaron que es posible la síntesis de nanopartículas de plata con glicerol y que la temperatura es un factor que influye significativamente en la formación y características de las nanopartículas de plata sintetizadas. Visualmente se observaron cambios en la tonalidad de cada sistema de reacción. La formación de nanopartículas esféricas de distintos tamaños fue confirmada con las micrografías obtenidas por FE-SEM.

REFERENCIAS

- [1] Ramírez Hernández, J.M.; Valera Zaragoza, M.; et al. (2022). In search of cytotoxic selectivity on cancer cells with biogenically synthesized Ag/AgCl nanoparticles. *Beilstein J Nanotechnol* 13, 1505-1519.
- [2] Behr, A.; Eilting, J. (2018). Glycerol as a Platform Chemical: Recent Developments. *Chemical Engineering & Technology* 41 (11), 2174-2188.
- [3] Kelly, K.L.; Coronado, E.; Zhao, L.L.; Schatz, G.C. (2003). The Optical Properties of Metal Nanoparticles: The Influence of Size, Shape, and Dielectric Environment. *The Journal of Physical Chemistry B* 107 (3), 668-677.

Desarrollo de un alimento formulado con ingredientes no convencionales

Cobos-López Marco Alberto¹, Illana-Romero Fernando², Aparicio-Saguilán Alejandro³,

Páramo-Calderon Delia Esther^{3*}

¹Licenciatura en Ingeniería en Alimentos, Universidad del Papaloapan.

²Doctorado en Biotecnología, División de Estudios de Posgrado, Universidad del Papaloapan.

³Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

email: deliaep@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

En México, el principal producto alimenticio a base de maíz es la tortilla [1]. Nutricionalmente la tortilla es un vehículo excelente para mejorar las opciones nutricionales de los consumidores mexicanos, ya que se caracteriza por ser una fuente de proteínas, almidón, fibra dietética, vitaminas y minerales, sin embargo, una de las principales limitaciones en las tortillas es la falta de lisina y triptófano, dos aminoácidos esenciales [2]. Por lo tanto, varios autores han desarrollado diversas formulaciones de tortillas con la finalidad de mejorar las características nutricionales, sabor, olor y textura, por ejemplo, se han preparado tortillas con harina de amaranto, harina de linaza [3], harina de maíz pigmentado [4], tortilla adicionada con harina de yuca y plátano [5], tortillas adicionadas con nopal [6]. El plátano macho en estado inmaduro posee almidón resistente (AR), con efectos fisiológicos positivos en la salud. Por otro lado, el consumo de frijoles de colores puede desempeñar un papel importante contra el estrés oxidativo debido a la presencia de polifenoles que poseen actividad antioxidante [7], proteínas, fibra dietética y minerales. El objetivo del presente trabajo fue elaborar tortillas a partir de harina de maíz adicionadas con harina de plátano y frijol y evaluar sus características nutricionales, y capacidad antioxidante, como una alternativa de alimento funcional.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la obtención de la harina de plátano, el fruto fue adquirido en estado inmaduro con productores de San Juan Bautista Tuxtepec, Oaxaca. El frijol fue donado por el Laboratorio de Plantas Medicinales del CIC (UNPA). Los reactivos utilizados fueron adquiridos en Sigma-Aldrich y los disolventes empleados fueron de grado analítico y se obtuvieron de J.T. Baker, México.

Obtención de la harina de plátano (Musa paradisiaca L.)

Los plátanos fueron pelados y cortados en rodajas de 1 cm aproximadamente. Posteriormente las rodajas se colocaron en una solución de ácido cítrico al 0.3 % (3 g/L). Las rodajas fueron secadas en un secador de charolas a una temperatura de 40 °C, por 24 h. Finalmente la muestra seca fue molida en una licuadora industrial (Waring, Heavy Duty Blender) y tamizada en malla 40 (380 µm). La harina obtenida se almacenó en un recipiente hermético de plástico a temperatura ambiente.

Obtención de la harina de frijol rojo (Phaseolus vulgaris L.)

En el caso del frijol rojo, los granos fueron remojados en agua destilada durante un periodo determinado de 20 min, posteriormente fueron deshidratados bajo condiciones estandarizadas (50 °C, 10 min), molidos y tamizado por malla 40 (380 µm) hasta obtener una harina fina y homogénea, y por último fue almacenada en un recipiente herméticamente sellado, hasta uso posterior.

Elaboración de tortillas

Se elaboraron tortillas mediante un proceso estandarizado de formulación, mezclado, amasado y cocción. Las mezclas fueron preparadas en proporciones definidas, utilizando agua potable purificada para hidratación. La masa obtenida fue moldeada manualmente en forma circular y cocida en comal de peltre a temperatura constante hasta alcanzar una

textura firme y cocción uniforme. Las tortillas fueron enfriadas a temperatura ambiente y almacenadas en bolsas herméticas hasta su análisis.

Análisis químico proximal

El análisis químico proximal se realizó con el propósito de determinar la composición química de las harinas y tortillas en términos de humedad, cenizas, proteínas, lípidos usando el método de la AACC (2000).

Determinación de fenoles totales

La cuantificación de fenoles totales se realizó mediante el método de Folin-Ciocalteu, según lo descrito por Chumark et al. (2008). El blanco se preparó con todos los reactivos, excepto la muestra, que fue sustituida por el disolvente de extracción. Los resultados se expresaron en miligramos equivalentes de ácido gálico por cada 100 g de aceite de moringa.

Determinación de la actividad antirradical (DPPH)

La actividad antirradical se evaluó mediante el método de DPPH, según lo descrito por Siddhuraju y Becker (2003). La solución de referencia se preparó con 0.1 mL de etanol al 80% y 3.9 mL de solución de DPPH. La referencia se preparó con todos los reactivos, excepto la muestra, que fue sustituida por el disolvente.

El porcentaje de inhibición se calculó aplicando la ecuación:

$$\%AAR = \left[1 - \frac{Am}{Ar} \right] * 100$$

donde AAr es la actividad antirradical, Am la absorbancia de la muestra y Ar la absorbancia de la referencia. Los resultados se expresaron como miligramos equivalentes de Trolox por cada 100 g de base seca del aceite (mg ET/100 g bs).

Determinación del color

El color del aceite se determinó empleando un colorímetro (Linshang LS172B.) que utiliza el sistema CIE Lab*. El instrumento fue calibrado con una teja blanca y una trampa de luz. El aceite de moringa se colocó en un vaso opaco para evitar interferencias durante la lectura. Cada medición se realizó por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las formulaciones de las harinas para la elaboración de tortillas elaboradas a partir de harina de maíz nixtamalizado, plátano macho verde y frijol rojo mostraron diferencias significativas en cada análisis, lo cual refleja el impacto directo de las materias primas utilizadas en su formulación.

Tabla 1. Formulación de las harinas para la elaboración de tortillas

Formulación	Harina de maíz nixtamalizado (<i>Zea mays L.</i>)	Harina de plátano verde (<i>Musa paradisiaca L.</i>)	Harina de frijol (<i>Phaseolus vulgaris L.</i>)
1	75%	15%	10%
2	60%	15%	25%
3	50%	25%	25%
4	40%	30%	30%

Los resultados del análisis químico proximal se muestran Tabla 2. En particular, se observa que el incremento en la proporción de harina de frijol y plátano verde con respecto a la harina de maíz nixtamalizado tiene un efecto significativo sobre los contenidos de proteínas, grasa y ceniza.

La M4, compuesta por 40% maíz, 35% plátano y 25% frijol, presentó los valores más altos en proteínas (8.2%), grasa (1.3%) y ceniza (1.4%), lo que indica un incremento en el perfil nutricional del producto. Este resultado puede atribuirse al aporte proteico del frijol, reconocido por su alto contenido de aminoácidos esenciales, así como a los lípidos y minerales presentes tanto en el frijol como en el plátano verde.

Tabla 2. Resultados del análisis químico proximal

AQP	Formulación 1%	Formulación 2%	Formulación 3%	Formulación 4%
% Humedad	20.99 ± 1.15 ^a	19.4 ± 0.90 ^{ab}	20.01 ± 0.95 ^{ab}	18.33 ± 1.30 ^b
% Proteínas	5.56 ± 0.26 ^a	4.54 ± 3.33 ^a	6.5 ± 0.88 ^a	6.84 ± 0.88 ^a
%Grasa	0.96±0.11 ^a	0.8 ± 0.03 ^{ab}	1.12 ± 0.12 ^a	0.88 ± 0.07 ^{ab}
%Ceniza	1.3 ± 0.003 ^a	1.82 ± 0.35 ^a	2.39 ± 0.52 ^a	2.25 ± 0.45 ^a

Los valores reportados son la media ± desviación estándar (n = 3). En la misma fila las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes (p < 0.05) según el método comparativo de Tuckey.

En cuanto al contenido de humedad, no se observaron diferencias significativas entre las formulaciones, manteniéndose todas en un intervalo de 55%. Esto sugiere que la inclusión de plátano y frijol no afecta de manera relevante la capacidad de retención de agua de las tortillas, lo cual es favorable para mantener la textura y vida útil del producto.

Las harinas individuales de plátano (HP: 2.260 mgEAG/mL) y frijol (HF: 2.082 mgEAG/mL) mostraron los valores más altos de fenoles, confirmando su potencial como fuentes ricas en compuestos bioactivos. En contraste, la harina de maíz nixtamalizado (HM) presentó un contenido considerablemente menor (1.369 mgEAG/mL), lo que sugiere que su aporte antioxidante es limitado. Sin embargo, al analizar las formulaciones de tortillas (M1 a M4) se observa una disminución en el CFT respecto a las harinas base, lo cual puede atribuirse al efecto del procesamiento térmico durante la cocción, que puede degradar o transformar los compuestos fenólicos. Por otro lado, la M4 presentó el valor más alto entre las tortillas (0.865 mgEAG/mL), superando incluso a las formulaciones con menor proporción de ingredientes funcionales. Este resultado sugiere que una mayor inclusión de plátano y frijol no solo aporta más fenoles desde el inicio, sino que también podría favorecer su retención o estabilidad durante el procesamiento.

Tabla 3. CFT y Actividad Antirradical (DPPH) en harinas y tortillas adicionadas con harina de frijol y harina de plátano.

Tratamiento	mgEAG/mL extracto	mgET/gss
HF	2.082±0.093 ^a	2.102±0.036 ^b
HP	2.260±0.379 ^a	2.432±0.011 ^a
HM	1.369±1.369 ^b	0.711±0.000 ^c
M1	0.791±0.028 ^c	0.356±0.012 ^e
M2	0.753±0.088 ^c	0.306±0.005 ^f
M3	0.780±0.027 ^c	0.344±0.004 ^{ef}
M4	0.865±0.019 ^c	0.413±0.017 ^d

Los valores reportados son la media ± desviación estándar (n = 3).

La variabilidad observada también podría estar relacionada con la interacción entre los componentes de la matriz alimentaria, la eficiencia de extracción del método utilizado y la susceptibilidad de los fenoles a las condiciones térmicas. Para la actividad antirradical (DPPH), las harinas individuales de plátano (HP: 2.432 mgET/gss) y frijol (HF: 2.102 mgET/gss) presentaron los valores más altos de actividad antirradical, lo que confirma su riqueza en compuestos antioxidantes. En contraste, la harina de maíz nixtamalizado (HM: 0.711 mgET/gss) mostró una actividad considerablemente menor, lo que sugiere que su contribución al perfil antioxidante es limitada. La M4 presentó la mayor actividad entre las tortillas (0.413 mgET/gss), lo que sugiere que una mayor proporción de ingredientes funcionales favorece la retención de actividad antioxidante, incluso después del procesamiento. Las formulaciones M1, M2 y M3 mostraron valores más bajos (entre 0.306 y 0.374 mgET/gss), esto es debido a que formulaciones con menor contenido de plátano y frijol presentan una capacidad antioxidante reducida.

Con respecto a los parámetros de color, la harina de plátano presenta el mayor valor de luminosidad (L* = 74.06), seguida por la de frijol (L* = 59.84) y la de maíz nixtamalizado (L* = 59.21). Respecto a las tortillas, los valores de luminosidad (L*) varían entre 60.37 y 67.74, siendo la M4 la más clara (L* = 67.74), lo cual puede atribuirse a la alta

proporción de plátano en la mezcla. La M2, presentó el valor más bajo de luminosidad ($L^* = 60.37$), lo que sugiere que el frijol contribuye a oscurecer la matriz. En cuanto al componente a^* (rojo), la M2 también presentó el valor más alto ($a^* = 3.42$), lo que podría estar relacionado con la interacción entre los pigmentos del frijol y el plátano durante el procesamiento térmico. El componente b^* (amarillo) se mantuvo relativamente constante entre las muestras de tortilla (13.98 a 15.08), lo que indica que, a pesar de las variaciones en la formulación, el tono cálido se conserva en el producto final. Esto puede deberse a la predominancia del maíz nixtamalizado en todas las formulaciones, que aporta una base cromática estable.



Figura 1. Proceso de elaboración de las tortillas funcionales.

CONCLUSIÓN

La incorporación de harina de frijol y plátano verde en las formulaciones de tortillas mejora significativamente el perfil nutricional y funcional del producto, aumentando el contenido de proteínas, compuestos fenólicos y actividad antioxidante. Aunque el procesamiento térmico reduce parcialmente estos beneficios, las formulaciones con mayor proporción de ingredientes funcionales (especialmente Formulación 4) conservan mejor sus propiedades bioactivas. Las variaciones en color reflejan la influencia directa de los ingredientes sobre la apariencia final. Estos resultados respaldan el uso de harinas alternativas en el desarrollo de tortillas funcionales con valor agregado.

REFERENCIAS

- [1] Garnica-Romo, M.G.; Martínez-Flores, H.E. (2024). El maíz y la tortilla: la base de la alimentación del mexicano. *Milenaria, Ciencia y Arte* 24, 22-25.
- [2] León-López, L.; Reyes-Moreno, C.; Ley-Osuna, A.H.; Perales-Sánchez, J.X.K.; Milán-Carrillo, J.; Cuevas-Rodríguez, E.O.; Gutiérrez-Dorado, R. (2019). Improvement of nutritional and nutraceutical value of nixtamalized maize tortillas by addition of extruded chia flour. *Biotechnia XXI* 3, 56-66.
- [3] Rendón-Villalobos, R.; Osorio-Díaz, P.; Pacheco-Vargas, G.; Islas-Hernández, J.J.; Agama-Acevedo, E. (2009). Tortilla funcional adicionada con harina de linaza: propiedades nutricionales y digestibilidad. *Excelsior California*.
- [4] Vázquez-Carrillo, M.G.; Preciado-Ortiz, R.E.; Guzmán-Maldonado, S.H.; Palacios-Rojas, N. (2023). Maíces de especialidad para el subtrópico de México. INIFAP. ISBN: 978-607-37-1520-1
- [5] Aparicio-Saguilán, A.; Osorio-Díaz, P.; Agama-Acevedo, E.; Islas-Hernández, J.J.; Bello-Pérez, L.A. (2013). Tortilla added with unripe banana and cassava flours: chemical composition and starch digestibility. *CyTA - Journal of Food* 11 (S1), 90-95.
- [6] Enrique-Castro, C.M.; Contreras-Jiménez, B.L.; Rodríguez-García, M.E. (2025). Effect of the addition of fresh cactus (nopal) on the production of enriched maize flour and tortillas. *Food Chemistry Advances* 101087.
- [7] Anton, A.A.; Ross, K.A.; Beta, T.; Fulcher, R.G. (2007). Influence of preparation methods on the nutritional composition and antioxidant properties of cooked beans. *Food Chemistry* 103 (3), 805-813.

Desarrollo del backend del sistema de gestión de actividades de la Universidad del Papaloapan, usando spring boot

Pérez Mortera Emanuel¹, López Rodríguez Ariel^{2*}

¹Ingeniería en Computación, Universidad del Papaloapan.

²Instituto de Agroingeniería, Universidad del Papaloapan.

*email: alopez@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto *Gestión de Actividades de la Universidad del Papaloapan*, se desarrolló una aplicación orientada a mejorar la organización y consulta de las actividades que se llevan a cabo dentro de la institución. La finalidad principal de esta herramienta es permitir a los profesores registrar actividades académicas, deportivas y culturales que se llevan a cabo dentro de la Universidad del Papaloapan, de modo que la comunidad universitaria cuente con un medio accesible para consultar los eventos programados. Con ello se busca optimizar la planeación institucional, evitando la coincidencia de fechas y el uso simultáneo de los mismos espacios o recursos.

Para el desarrollo de la aplicación se optó por una arquitectura de software basada en la separación entre el frontend (parte de una aplicación con la que interactúa el usuario) y el backend. Dentro de este esquema, el backend (parte que se encarga de la lógica del negocio y la gestión de datos) fue implementado empleando Spring Boot como framework principal, en conjunto con MySQL como sistema gestor de base de datos. Este componente se encargó de la gestión de la información, la definición de las entidades y relaciones de la base de datos, así como de la implementación de servicios y controladores REST que permiten la comunicación con el frontend.

El presente documento tiene como objetivo exponer el proceso de desarrollo del backend de la aplicación, detallando el análisis, diseño e implementación de las distintas funcionalidades que garantizan la correcta administración de las actividades universitarias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo del backend de la aplicación se utilizaron diversas herramientas. El lenguaje de programación empleado fue Java 17, mientras que el framework principal fue Spring Boot, se eligió este framework ya que como se menciona en [1], es el que tiene una tasa de uso ampliamente aceptada de alrededor del 62% dentro de la industria del software informático, el cual ofreció una estructura sólida para la creación de servicios web bajo el enfoque RESTful. Como sistema gestor de base de datos se implementó MySQL, esto para almacenar la información.

Para facilitar la persistencia y manipulación de datos se utilizó JPA (Java Persistence API) junto con Hibernate como ORM [2] (Mapeo Objeto-Relacional) que es una técnica para traducir datos del modelo orientado a objetos al modelo de base de datos relacional, sin necesidad de hacer el modelo relacional, lo que permitió mapear las entidades de la base de datos a clases Java y simplificar las operaciones CRUD (acrónimo en informática de las palabras en inglés Create, Read, Update y Delete). La gestión de dependencias se realizó mediante Maven, y el desarrollo fue llevado a cabo en el entorno de programación IntelliJ IDEA. Asimismo, se utilizó GitHub como repositorio de control de versiones, lo cual facilitó la organización del proyecto y el trabajo colaborativo con el resto del equipo.

En cuanto al flujo de trabajo seguido, el desarrollo del backend inició con el análisis de requerimientos, etapa en la que se identificaron las entidades principales del sistema y la lógica necesaria para gestionar las actividades. Posteriormente se definieron las entidades para el almacén de datos. Una vez definidas las entidades, se implementaron las entidades JPA y los repositorios necesarios para interactuar con la base de datos. Sobre esta base se desarrollaron los servicios, encargados de contener la lógica de negocio, y los controladores REST, que expusieron los endpoints para la comunicación con el frontend.

Finalmente, se realizaron pruebas funcionales (se verifica que la aplicación realiza las funciones especificadas en sus requisitos y actúa según lo esperado para el usuario final) con la herramienta Postman, con el propósito de garantizar

la correcta comunicación entre el backend y el frontend. Este proceso permitió construir un backend robusto y confiable, capaz de crecer en futuro para nuevas funcionalidades para la aplicación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para el desarrollo de toda la aplicación de Gestión de Actividades se decidió por una arquitectura tal como se observa en la figura 1, donde un equipo desarrolló la parte del Frontend, otro se encargó de asegurar el consumo de los servicios que sería desarrollados por el equipo del backend, este backend era necesario para tener un sistema funcional que permitiera gestionar de manera eficiente la información relacionada con las actividades académicas, deportivas y culturales de la institución. A través de la implementación de una API REST, se logró establecer la comunicación con el frontend desarrollado en Flutter, lo que garantizó la interacción fluida entre los distintos módulos de la aplicación.

Entre los resultados más importantes se encuentra la correcta creación y administración de las entidades en la base de datos, que representan de manera estructurada a las actividades, usuarios, espacios y recursos de la universidad. Las operaciones básicas de registro, consulta, modificación y eliminación (CRUD) fueron implementadas y verificadas.

Otro aspecto relevante fue la implementación de endpoints RESTful, que ofrecen la flexibilidad necesaria para ser consumidos no solo por la aplicación móvil desarrollada en Flutter, sino también por posibles extensiones futuras, como aplicaciones web o integraciones con otros sistemas institucionales. Este diseño otorga escalabilidad al proyecto y facilita su evolución a largo plazo.

En conclusión, los resultados obtenidos muestran que el backend desarrollado cumple con los objetivos planteados al inicio del proyecto. La aplicación resultante no solo permite registrar y consultar actividades, sino que también sienta las bases para un sistema institucional más robusto y adaptable a las necesidades futuras de la Universidad del Papaloapan.

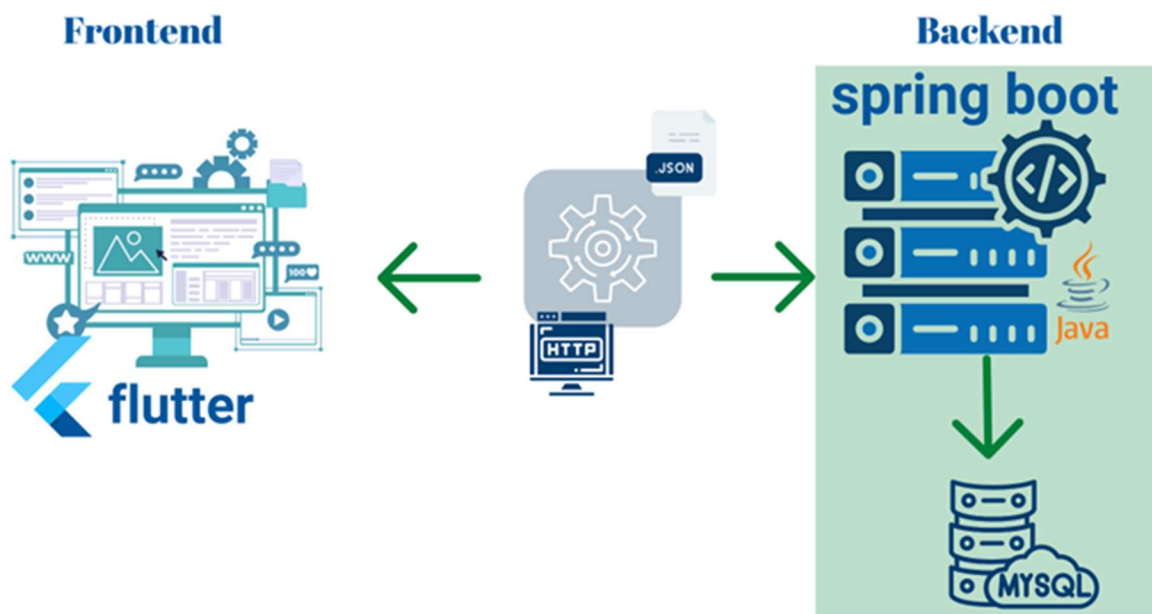


Figura 1. Estructura general del proyecto “Gestión de Actividades de la Universidad del Papaloapan”.
(Fuente: Elaboración propia, 2025).

CONCLUSIÓN

El desarrollo del backend de la aplicación Gestión de Actividades de la Universidad del Papaloapan permitió consolidar un sistema robusto y escalable que responde a la necesidad de organizar y consultar las actividades académicas, deportivas y culturales de la institución. El uso de tecnologías como Spring Boot, MySQL y JPA garantizó la correcta administración de datos y la implementación de una API REST confiable, lo cual posibilitó la interacción con el frontend de manera eficiente.

Entre las principales conclusiones se destaca que la separación de responsabilidades entre backend y frontend facilitó la organización del proyecto y mejoró la comunicación entre los integrantes del equipo. Además, la adopción de buenas prácticas en el diseño de la base de datos y en la construcción de los servicios permitió obtener un sistema que asegura la integridad de la información y reduce el riesgo de errores durante la gestión de las actividades universitarias.

Asimismo, la experiencia obtenida en este proyecto contribuyó al fortalecimiento de las competencias técnicas del estudiante, especialmente en el uso de frameworks modernos y en el trabajo colaborativo para proyectos de desarrollo de software con arquitectura distribuida.

En cuanto a las recomendaciones, se considera pertinente continuar con la ampliación de funcionalidades en el backend, tales como la implementación de módulos de autenticación y autorización que garanticen distintos niveles de acceso según el rol del usuario (profesor, alumno o administrador). De igual forma, se sugiere llevar a cabo un proceso de despliegue en un servidor institucional, con el fin de que la aplicación pueda ser utilizada en un entorno real y probado por la comunidad universitaria. Finalmente, es recomendable establecer un plan de mantenimiento y actualización periódica para asegurar la escalabilidad y vigencia tecnológica del sistema.

REFERENCIAS

- [1] Luan, X. (2021). Implementation and analysis of software development in Spring Boot [Tesis de Maestría], Universidad Politécnica Estatal de California, Pomona.
- [2] Dhingra, N.; Abdelmoghith, E.; Mouftah, H.T. (2017). Review on JPA based ORM data persistence framework. International Journal of Computer Theory and Engineering 9 (5), 318-328. <https://www.ijcte.org/vol9/1160-T1005.pdf>

Actividad enzimática de glucosiltransferasas de plántulas *in vitro* de *Stevia rebaudiana* crecidas con nanopartículas de TiO₂

Medina García Ana Laura¹, Alvarado Orea Itzel Vianney², Huerta Heredia Ariana Arlene^{3,4*}

¹Ingeniería en Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

²Doctorado en Biotecnología, División de Estudios de Posgrado, Universidad del Papaloapan.

³Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

⁴Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), México.

*email: ahuerta@unpa.edu.mx; aahuertahe@secihtl.mx

INTRODUCCIÓN

Stevia rebaudiana produce metabolitos secundarios llamados glucósidos de esteviol (GE), los cuales pueden ser hasta 300 veces más dulces que la sacarosa [1]. La creciente demanda global de *Stevia* forma parte de una megatendencia que está impulsando la adopción acelerada de productos naturales que reemplazan a los productos tradicionales sintéticos en prácticamente todos los segmentos de la industria alimentaria, cosmética y del cuidado personal [2]. Además, los extractos de *Stevia* ofrecen múltiples beneficios para la salud, se les reconocen propiedades antihiper glucemiantes, antihipertensivas, antioxidantes, antibacterianas, anticancerígenas y antiinflamatorias [3]. Por estas razones, el interés por la planta de *Stevia* ha aumentado considerablemente en las industrias farmacéutica y alimentaria en los últimos años.

La biosíntesis de los GE inicia en los plástidos siguiendo la ruta del metileritritol 4- fosfato (MEP) [4] hasta llegar a la formación del kuareno. El kuareno es el compuesto donde divergen los GE y las giberelinas; en *Stevia* el kuareno es convertido en esteviol (núcleo base de los GE). Una vez formado el esteviol, se llevan a cabo una serie de glucosilaciones en el citosol, las cuales son realizadas por las UDP-glucosiltransferasas (UGT) que tienen la función de transferir un residuo de azúcar a un donante activado, principalmente UDP-glucosa, a una molécula aceptora. Estas UGT codifican a enzimas para la glicosilación que pertenecen a una sola familia de genes, siendo UGT85C2, UGT74G1 y UGT76G1 los que median la biosíntesis de GE, que se inicia desde el esteviol hasta el paso final de la síntesis de Reb A. Se sabe que las UGT involucradas en los pasos finales agregan un resto de glucosa a la columna vertebral del esteviol para dar lugar a diferentes GE [5].

En la búsqueda de mejorar la producción y calidad de estos edulcorantes, se han explorado diversas estrategias, incluyendo el uso de nanopartículas. En este contexto, las nanopartículas de dióxido de titanio (TiO₂) han demostrado tener efectos variables en el crecimiento y metabolismo de las plantas, dependiendo de la concentración y en el tipo de exposición [6]. Este reporte se enfoca en evaluar la actividad enzimática de las glucosiltransferasas en plántulas *in vitro* de *Stevia rebaudiana* cultivadas en presencia de nanopartículas de TiO₂. El objetivo principal es determinar si la exposición a estas nanopartículas influye en la actividad de las enzimas responsables de la síntesis de los GE. Los resultados obtenidos permitirán comprender mejor el impacto de las nanopartículas de TiO₂ en el metabolismo de la *Stevia rebaudiana* y potencialmente, optimizar las estrategias de producción de edulcorantes naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Extracción y actividad enzimática de la UGT76G1

Para la extracción y cuantificación de la enzima UGT76G1 se siguió la metodología descrita por Lucho et al., 2024 [7]. Se trituraron plántulas de *Stevia rebaudiana* con ayuda de nitrógeno líquido en 10 mL de buffer Tris-HCl (50 mM, pH 7), adicionado con 0.4 mM de sacarosa y 2 mM de mercaptoetanol para proteger las enzimas de la oxidación. La mezcla se incubó a 4°C por 30 min en oscuridad para minimizar la degradación enzimática, posteriormente se centrifugó a 12 000 g_{max} para separar el material celular del sobrenadante con las enzimas. El sobrenadante se retiró y fue colocado en un microtubo y se almacenó a -20°C. La proteína total soluble se cuantificó siguiendo la metodología de Peterson, (1977) [8], utilizando albumina de suero bovino (BSA) como estándar.

La actividad enzimática de la UGT76G1 se comprobó en una reacción con un volumen final de 200 μL , que contenía Tris-HCl 10 mM pH 6.8, 5 mM de cloruro de magnesio (MgCl_2), 1 mM de cloruro de potasio (KCl), 0.1 mM de Est., 1 mM de uridil difosfato (UDP), 0.1 U/mL de fosfatasa alcalina y extracto enzimático. La reacción se incubó a 30 °C por 30 min utilizando un termobloque. Una vez transcurrido el tiempo las reacciones se detuvieron con n-butanol, se centrifugaron a 4000 rpm por 10 min y se tomó la fase de orgánica la cual se llevó a sequedad a 50°C. Las muestras fueron resuspendidas en metanol al 80% para su visualización en placas de cromatografía en capa fina TLC de acuerdo con la metodología descrita por Alvarado-Orea *et al.*, 2020 [9].

Cuantificación de GE

Para la cuantificación de los GE (estevisido y rebaudisido A) se realizó utilizando un HPLC con presenta un sistema de bomba cuaternaria, desgasificador, automuestreador, horno de columna y un detector de arreglo de diodos (ACQUITY ArcTM System Waters), siguiendo las indicaciones reportadas por Tada *et al.*, (2013) [10].

Las muestras se resuspendieron en acetonitrilo al 20% y se inyectaron 10 μL del extracto filtrado en una columna de fase reversa C-18 (ZORBAX 5 μm C18 (2) 100 Å, 250 x 4.6 mm). La elución se llevó a cabo con una mezcla isocrática de acetonitrilo: H_2O en una proporción de 32:68, que contenía 10 mM de amortiguador de fosfato de amonio (pH 2.6), a un flujo de 1 mL/min y una temperatura de 40 °C. El tiempo de corrida fue de 10 minutos.

La identificación de los GE se realizó comparando el espectro de absorción UV a 210 nm y el tiempo de retención (TR) con los estándares de estevisido (S3572 Sigma-Aldrich) y rebaudisido A (1432 Sigma-Aldrich). Previamente se realizó una curva de calibración de los estándares con concentraciones de 5, 10, 15, 20 y 25 $\mu\text{g/mL}$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para poder determinar el tiempo de reacción, se probaron 3 tiempos de reacción 15, 30 y 60 minutos. La mezcla de reacción fue punteada en una placa de TLC (Figura 1). Se determinó llevar a cabo la reacción durante 30 min (Figura 1 a y b), debido a que después de 60 min de reacción no se observó diferencia en la intensidad de las bandas teñidas en la TLC (Figura 1c).

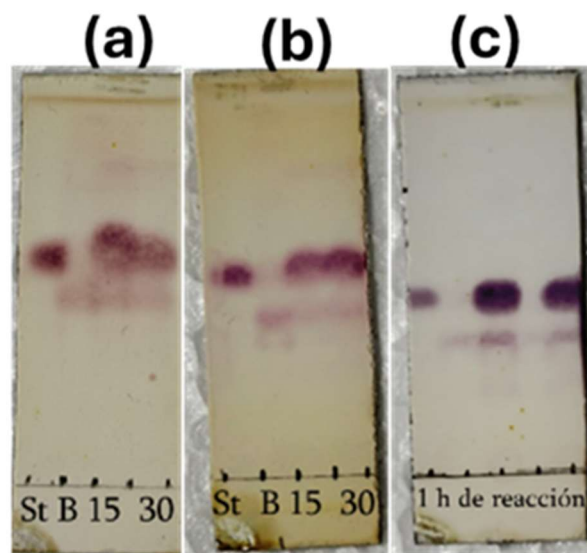


Figura 1. TLC de los productos de la reacción enzimática UGT durante 15, 30 y 60 min.

Se estableció la metodología para determinar la actividad enzimática de la UGT mediante HPLC y se demostró que la actividad enzimática incrementó en las plántulas sometidas a estrés con TiO_2 .

CONCLUSIÓN

La adición de nanopartículas de TiO_2 a plántulas de *Stevia rebaudiana* incrementó la actividad enzimática de la UGT76G1.

REFERENCIAS

- [1] Ahmad, U.; Ahmad, R.S. (2018). Anti diabetic property of aqueous extract of *Stevia rebaudiana* Bertoni leaves in Streptozotocin-induced diabetes in albino rats. BMC Complementary and Alternative Medicine 18 (1). <https://doi.org/10.1186/s12906-018-2245-2>
- [2] McFarland, Y.L. (2011). The NutriCosmetics Market: A Global Health & Wellness Megatrend. NutriCosmetic Summit 2011.
- [3] Miranda Ramos, C.E. (2022). Análisis de las características fitoquímicas, propiedades farmacológicas, usos y aplicaciones más comunes de la Stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni) en Ecuador (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería Bioquímica).
- [4] Totté, N.; Charon, L.; Rohmer, M.; Compennolle, F.; Baboeuf, I.; Geuns, J.M. (2000). Biosynthesis of the diterpenoid steviol, an ent-kaurene derivative from *Stevia rebaudiana* Bertoni, via the methylerythritol phosphate pathway. Tetrahedron Letters 41 (33), 6407-6410. [https://doi.org/10.1016/s0040-4039\(00\)01094-7](https://doi.org/10.1016/s0040-4039(00)01094-7)
- [5] Khan, M.A.; Ali, A.; Mohammad, S.; Ali, H.; Khan, T.; Mashwani, Z.; Jan, A.; Ahmad, P. (2020). Iron nano modulated growth and biosynthesis of steviol glycosides in *Stevia rebaudiana*. Plant Cell Tissue and Organ Culture (PCTOC) 143 (1), 121-130. <https://doi.org/10.1007/s11240-020-01902-6>
- [6] Romero-Esquivel, L.G.; Rivera-Hernández, B.; Rodríguez-García, M.O.; Palomo-Gil, A.; Gallegos-Robles, M.A. (2020). Efecto de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO_2) en el crecimiento y metabolismo de plántulas de *Stevia rebaudiana* Bertoni. Biotecnología en el Sector Agropecuario y agroindustrial 18 (2), 135-144.
- [7] Lucho, S.R.; Amaral, M.N.D.; Bianchi, V.J.; Almagro, L.; Ferrer, M.A.; Calderón, A.A.; Braga, E.J.B. (2024). Sequencing analysis and enzyme activity assay of SrUGT76G1 revealed the mechanism toward on/off production of Rebaudioside-A in stevia plants. Journal Of Plant Biochemistry and Biotechnology 33 (2), 205-215. <https://doi.org/10.1007/s13562-024-00888-y>
- [8] Peterson, G.L. (1977). A simplification of the protein assay method of Lowry et al. which is more generally applicable. Analytical Biochemistry 83 (2), 346-356. [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(77\)90043-4](https://doi.org/10.1016/0003-2697(77)90043-4)
- [9] Alvarado-Orea, I.V.; Paniagua-Vega, D.; Capataz-Tafur, J.; Torres-López, A.; Vera-Reyes, I.; García-López, E.; Huerta-Heredia, A.A. (2020). Photoperiod and elicitors increase steviol glycosides, phenolics, and flavonoid contents in root cultures of *Stevia rebaudiana*. In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant 56 (3), 298-306. <https://doi.org/10.1007/s11627-019-10041-3>
- [10] Tada, A.; Ishizuki, K.; Iwamura, J.; Mikami, H.; Hirao, Y.; Fujita, I.; Yamazaki, T.; Akiyama, H.; Kawamura, Y. (2013). Improvement of the Assay Method for Steviol Glycosides in the JECFA Specifications. American Journal of Analytical Chemistry 4 (04), 190-196. <https://doi.org/10.4236/ajac.2013.44024>

Perfil fitoquímico y germinación *in vitro* de *Agave americana* y *Agave angustifolia*

Martínez-Tinoco Alondra¹, Manrique-Arrieta Beatriz del Carmen², Sanchez-Ocampo Paul Mauricio³, Capataz-Tafur Jacqueline^{3*}

¹Ingeniería en Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

²Maestría en Biotecnología, División de Estudios de Posgrado, Universidad del Papaloapan.

³Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

*email: jcapataz@unpa.edu.mx

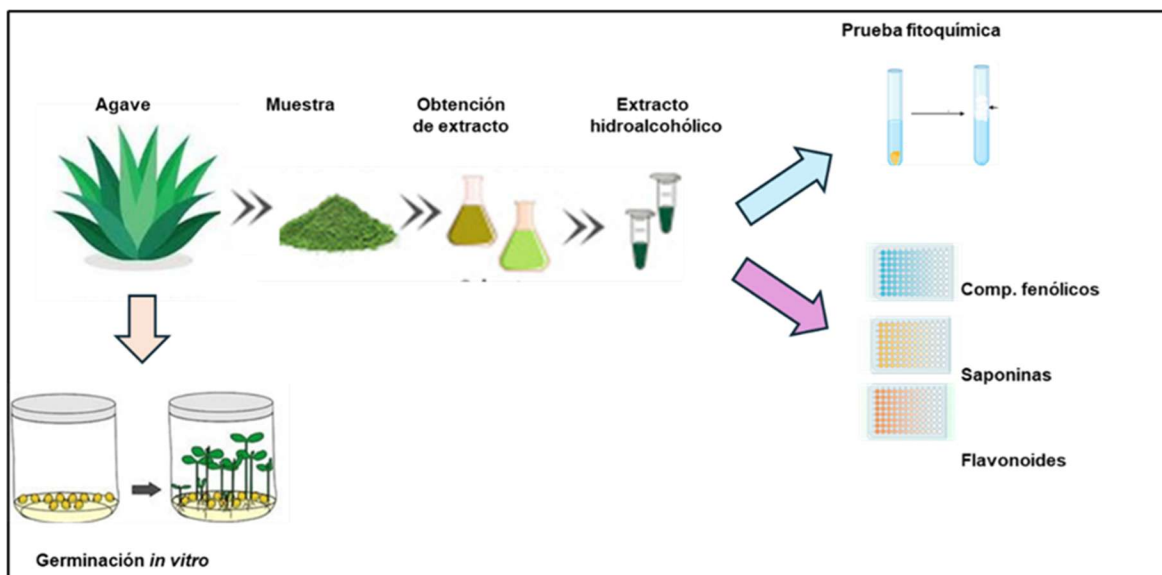
INTRODUCCIÓN

Las especies del género *Agave* son plantas suculentas ampliamente distribuidas en regiones áridas y semiáridas, y tienen importancia económica, ecológica y etnobotánica (para producción de fibras, bebidas fermentadas, usos medicinales). Estudios fitoquímicos han revelado que muchos *Agave* contienen metabolitos secundarios con actividad biológica, tales como alcaloides, flavonoides, saponinas, taninos y compuestos fenólicos [1]. En particular, en *A. americana* se ha determinado mediante HPLC-ESI/TOF-MS que uno de sus perfiles contiene glicósidos de flavonoides (kaempferol, quercetina, isorhamnetina) como compuestos predominantes, así como un contenido medido de fenoles totales ($\approx 14,70$ mg EAG/g) y flavonoides ($\approx 5,15$ mg ER/g) [2]. Por otro lado, en *Agave angustifolia* se ha documentado la presencia de metabolitos secundarios mediante tamizaje fitoquímico (alcaloides, flavonoides, saponinas, triterpenos) en extractos acuosos y acetónicos [3].

Paralelamente, la propagación masiva de *Agave* mediante germinación *in vitro* y micropropagación es de gran interés para su conservación, producción vegetal homogénea y mejoramiento [4-5].

El propósito de este trabajo es comparar el perfil fitoquímico de extractos hidroalcohólicos de *A. americana* y *A. angustifolia*, así como evaluar su germinación bajo condiciones *in vitro*, con el fin de relacionar posibles diferencias químicas con capacidad germinativa y potenciación de metabolitos secundarios.

MATERIALES Y MÉTODOS



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Perfil fitoquímico

En la especie de *A. angustifolia* se obtuvo un rendimiento del 3.38% y en la especie *A. americana* del 3.91%, los cuales fueron no mostraron diferencias significativas. El tamizaje fitoquímico de los extractos hidroalcohólicos reveló para ambas especies, alta presencia (+++) de carbohidratos, cumarinas, saponinas y además de presencia moderada (++) de compuestos fenólicos, flavonoides, alcaloides y proteínas (Tabla 1).

Tabla 1. Tamizaje fitoquímico de extractos hidroalcohólicos de *Agave americana* y *Agave angustifolia*

Prueba/ metabolito secundario													
Especie	T	C	G	TA	CU	F	S	AI	FE	ES	FT	P	AN
<i>Agave americana</i>	-	+++	-	-	+++	++	+++	++	++	+++	+++	+++	-
<i>Agave angustifolia</i>	-	+++	-	-	+++	++	+++	++	++	+++	++	++	-

Nota: T-Terpenos, C-Carbohidratos G-Glucósidos, TA-Taninos, CU-Cumarinas, F-Flavonoides, S- Saponinas, AI-Alcaloides, FE-fenoles, ES-Esteroides, FT- Fitoesteroides, P-Proteínas, AN-Antocianinas. +++: Alta presencia, ++: Presencia media, +: Poca presencia, -: Ausencia.

El hecho de que ambos extractos compartan clases de metabolitos sugiere un grado de conservación metabólica en el género *Agave*.

Cuantificación compuestos fenólicos totales, flavonoides y saponinas

Los extractos hidroalcohólicos de *A. americana* y *A. angustifolia* mostraron diferencias cuantitativas en el contenido de carbohidratos, cumarinas, saponinas y además de presencia moderada (++) de compuestos fenólicos, flavonoides, alcaloides y proteínas (Tabla 2). En este caso, *A. americana* presentó significativamente ($p < 0,05$) mayor contenido de compuesto fenólicos, flavonoides y saponinas comparado con *A. angustifolia*.

Tabla 2. Contenido de compuestos fenólicos totales, flavonoides y saponinas en extractos hidroalcohólicos de *A. americana* y *A. angustifolia*

Especie	Compuestos fenólicos totales (mg EAG/g)	Flavonoides (mg EQ/g)	Saponinas (mg ESQ /g)
<i>A. americana</i>	25.20 $\pm$ 0.85 ^a	31.3 $\pm$ 0.50 ^a	9.4 $\pm$ 1.2 ^a
<i>A. angustifolia</i>	21.45 $\pm$ 0.70 ^b	4.10 $\pm$ 0.30 ^b	3.6 $\pm$ 1.0 ^b

Nota: EAG: equivalente a ácido galico, EQ: equivalente a quercetina y ESQ: equivalente a saponina de Quijalla

Germinación in vitro

En las condiciones del experimento, *A. americana angustifolia* alcanzó un porcentaje de germinación del 26% mientras que, para *A. angustifolia*, no se obtuvo respuesta. A los 30 días del cultivo, las plántulas de *A. americana* alcanzaron 2.5 cm de altura, con hojas y raíces bien desarrolladas, mismas que serán utilizadas para los protocolos de micropropagación (Figura 1).

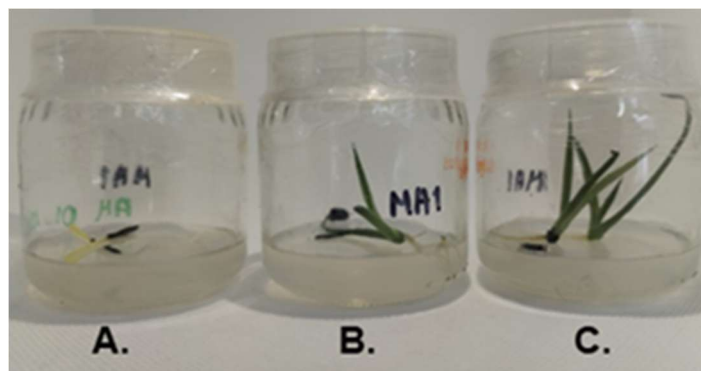


Figura 1. Germinación *in vitro* de *Agave americana*. A. Germinación a los 4 días de cultivo. B y C. Plántulas de 20 y 30 días de cultivo.

En *A. angustifolia*, se han establecido protocolos desde la germinación, multiplicación hasta aclimatación con porcentajes de germinación superiores al 80 % y enraizamiento del 100 % bajo condiciones óptimas (MS completo + reguladores de crecimiento)⁴. En *A. americana*, investigaciones de germinación *ex vitro* e *in vitro* han mostrado que tratamientos con peróxido de hidrógeno (H_2O_2) favorecen la germinación (mejor tratamiento: 3 % por 10 min, con hasta 87 % germinación) frente al control (≈ 68 %)⁵.

CONCLUSIÓN

Los extractos hidroalcohólicos de *Agave americana* y *Agave angustifolia* presentaron un perfil fitoquímico similar en cuanto a clases de metabolitos secundarios (carbohidratos, cumarinas, saponinas, compuestos fenólicos, flavonoides, alcaloides y proteínas), aunque con diferencias relativas de intensidad que podrían indicar distintas concentraciones. Los extractos hidroalcohólicos de *A. americana* mostraron mayor contenido de compuestos fenólicos, flavonoides y saponinas en comparación con *A. angustifolia*.

A. americana mostró una baja capacidad de germinación *in vitro* (26%) usando un protocolo estándar de cultivo y desinfección, mientras que con *A. angustifolia* no se obtuvo respuesta.

REFERENCIAS

- [1] Nava-Cruz, N.Y.; Medina-Morales, M.A.; Martinez, J. L.; Rodriguez, R.; Aguilar, C.N. (2014). Agave biotechnology: an overview. *Critical Reviews in Biotechnology* 35 (4), 546-559. <https://doi.org/10.3109/07388551.2014.923813>
- [2] Maazoun, A.; Hamdi, S.; Belhadj, F.; Mediouni Ben Jemâa, J.; Messaoud, C.; Marzouki, M.N. (2019). Phytochemical profile and insecticidal activity of *Agave americana* leaf extract towards *Sitophilus oryzae* (L.). *PubMed*.
- [3] Almazán-Morales, A.; Moreno-Godínez, M.E.; Hernández-Castro, E.; Vázquez-Villamar, M.; Mora-Aguilera, J.A.; Cabrera-Huerta, E.; Álvarez-Fitz, P. (2022). Phytochemical profile and *in vitro* activity of *Agave angustifolia* and *A. cupreata* extracts against phytopathogenic fungi. *Revista Mexicana de Fitopatología* 40 (2).
- [4] De la Cruz-Olvera, A.; Serrano Muñoz, M.; Rayas Amor, A.; García Martínez, R. (2015). Micropropagación de *Agave angustifolia* Haw. con fines de aprovechamiento y conservación. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*.
- [5] García-Osuna, H.T.; Torres-Tapia, M.A.; Reyes-Valdés, M.H. (2022). Germinación *ex vitro* e *in vitro* de *Agave americana* L. *AGRIS* 2022 (2).

Estimulación del crecimiento de cepas de *Bifidobacterium* en presencia de xilooligosacáridos de diferentes grados de polimerización

Nolasco Vagas Massiel¹, García Candelario Hazaribagh², Nuñez Gaona Oscar³, Carrillo Ahumada Jesús⁴, García Gómez María de Jesús^{3*}

¹Ingeniería en Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

²Doctorado en Biotecnología, División de Estudios de Posgrado, Universidad del Papaloapan.

³Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

⁴Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

*email: mjgarcia@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Los probióticos como *Bifidobacterium breve* y *Bifidobacterium bifidum* son microorganismos de gran relevancia en la microbiota intestinal, ya que contribuyen al mantenimiento de la salud digestiva y al fortalecimiento del sistema inmunológico [1]. Para favorecer su crecimiento, es necesario utilizar compuestos prebióticos, como los xilooligosacáridos (XOS), que derivan de residuos vegetales ricos en hemicelulosas [2]. El grado de polimerización de los XOS influye en su disponibilidad y efecto selectivo sobre distintas cepas bacterianas. En este trabajo se evaluó el efecto de los XOS obtenidos a partir de rastrojo de amaranto fermentado sobre el crecimiento de *Bifidobacterium breve* y *Bifidobacterium bifidum*, con el fin de determinar si existen diferencias en la estimulación de cada cepa en función del grado de polimerización de los azúcares [3].

MATERIALES Y MÉTODOS

Microorganismos

Se utilizaron cepas comerciales de *Bifidobacterium breve* ATCC 15700 y *Bifidobacterium bifidum* ATCC 11863 (Microbiologist, EE. UU.). Estas cepas se propagaron en caldo TPY (Condalab, España) a 37°C bajo condiciones de anaerobiosis.

Preparación del extracto de XOS de rastrojo fermentado

Se tomaron muestras, durante la fermentación fúngica (*Aspergillus oryzae* ATCC 10124; (Microbiologist, EE. UU.)) de rastrojo de amaranto, cada 3 días (días 6, 9, 12, 15). Cada muestra se esterilizó a 121°C por 15 minutos y se mezcló con agua estéril en una relación 1:10; se centrifugó y al sobrenadante se le determinó la concentración de azúcares reductores [4].

Preparación del medio con XOS para el crecimiento de las cepas de *Bifidobacterium*

La composición del medio (g/L) fue: peptona de caseína 10, extracto de levadura 23, fosfato de potasio monobásico y dibásico 6/8. En tubos de cultivo se adicionaron 10 mL del medio, se esterilizaron a 121°C por 15 minutos; en condiciones de esterilidad se adicionaron 5 mL de los extractos de XOS obtenidos a diferentes tiempos durante la fermentación fúngica; éstos se utilizaron para evaluar el crecimiento de las cepas de *Bifidobacterium*.

Inoculación del medio con XOS para el crecimiento de las cepas de *Bifidobacterium*

Cinco µL de cada cepa de *Bifidobacterium*, pre-cultivada en caldo TPY, se inoculó, por triplicado, en los tubos de medio con XOS. Se midió la absorbancia a 600 nm al inicio ($t_i=0$ h) y después de incubar a 37°C en anaerobiosis ($t_f=24$ h). El crecimiento se reportó en UFC/mL asociando la absorbancia obtenida a la equivalente en la escala de McFarland [5].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados mostraron variaciones en la concentración de azúcares reductores en los extractos de rastrojo a lo largo del tiempo de la fermentación fúngica (Tabla 1), con la concentración más alta observada al inicio (día 0), baja marcada en días 6 y 9, y un repunte en los días 12 y 15, sugiriendo un proceso dinámico de liberación y consumo de azúcares durante la fermentación [6].

Por otro lado, el crecimiento de las cepas de *B. breve* y *B. bifidum* se observó en ambos medios, caldo TPY y el suplementado con los extractos del rastrojo fermentado (Fig. 1), alcanzando concentraciones superiores a 10^8 UFC/mL (Tabla 1). De acuerdo a lo reportado por Méndez-Arango (2021), los extractos de la fermentación fúngica de rastrojo de amaranto contienen XOS cuyo grado de polimerización desciende conforme avanza el bioproceso, detectándose la presencia de xilobiosa entre los días 12 y 15. Sin embargo, en este estudio se observó el mayor crecimiento con los extractos obtenidos el día 6, esto sugiere que hay una relación entre los niveles de azúcares reductores y la disponibilidad XOS de distintos grados de polimerización que influyen en la estimulación del crecimiento de estos microorganismos [7].

Tabla 1. Crecimiento de cepas de bifidobacterium en medio YPT (control) y en medio suplementado con XOS.

Día	Concentración de azúcares reductores (g/L)	Cepa	Medio YPT (control) sin XOS UFC/ mL. $\pm$ DE	Medio de cultivo con XOS UFC/ mL. $\pm$ DE
0	0.2632		-----	-----
3	-----	-----	-----	-----
6	0.0626	<i>B. breve</i>	$4.34 \times 10^8 \pm 6.5 \times 10^7$	$6.31 \times 10^8 \pm 1.46 \times 10^8$
		<i>B. bifidum</i>	$5.38 \times 10^8 \pm 4.8 \times 10^7$	$2.02 \times 10^8 \pm 2.75 \times 10^8$
9	0.0558	<i>B. breve</i>	$2.44 \times 10^8 \pm 3.8 \times 10^7$	$2.99 \times 10^8 \pm 2.17 \times 10^7$
		<i>B. bifidum</i>	$1.99 \times 10^8 \pm 4.0 \times 10^7$	$2.40 \times 10^8 \pm 1.40 \times 10^6$
12	0.1591	<i>B. breve</i>	$1.98 \times 10^8 \pm 5.8 \times 10^7$	$2.47 \times 10^8 \pm 2.41 \times 10^7$
		<i>B. bifidum</i>	$1.58 \times 10^8 \pm 5.6 \times 10^7$	$1.84 \times 10^8 \pm 1.06 \times 10^7$
15	0.0949	<i>B. breve</i>	$2.05 \times 10^8 \pm 1.7 \times 10^7$	$2.49 \times 10^8 \pm 4.71 \times 10^6$
		<i>B. bifidum</i>	$1.72 \times 10^8 \pm 1.8 \times 10^7$	$2.22 \times 10^8 \pm 2.98 \times 10^7$

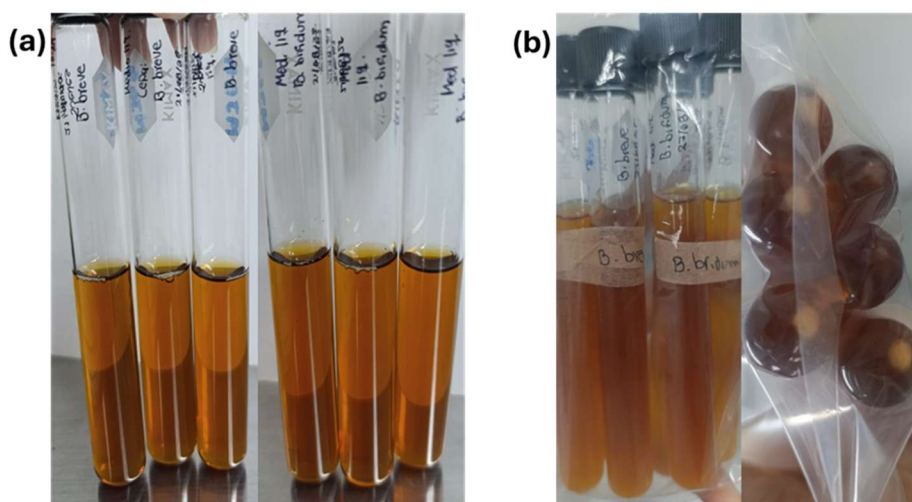


Figura 1. Crecimiento de cepas de bifidobacterias en medio suplementado con XOS: a) tiempo inicial, b) tiempo final (24 h).

CONCLUSIÓN

Las cepas *Bifidobacterium breve* y *Bifidobacterium bifidum* mostraron un crecimiento adecuado y sostenido en medios de cultivo suplementados con XOS derivados de rastrojo de amaranto fermentado. La dinámica de la concentración de azúcares reductores y el grado de polimerización de los XOS durante la fermentación refleja su relevancia en el crecimiento de estos microorganismos. En conjunto, los resultados validan el potencial prebiótico en bifidobacterias de los XOS obtenidos de rastrojo de amaranto fermentado, con aplicaciones prometedoras en alimentos funcionales.

REFERENCIAS

- [1] HB Ghoddusi, A.T. (2014). Microflora del Intestino. Biología de las bacterias. Enciclopedia de microbiología de alimentos 639-354. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00208-1>
- [2] Zhao Ping Li, P.H. (2015). Estudio in vitro del xilooligosacárido prebiótico (XOS) sobre el crecimiento de *Bifidobacterium* spp y *Lactobacillus* spp. Revista internavional de ciencias de la alimentación y nutrición 919-922. <https://doi.org/10.3109/09637486.2015.1064869>
- [3] Amaretti, A.; Tatiana Bernardi, A.L. (2013). Fermentación de Xilooligosacáridos por *Bifidobacterium adolescentis* DSMZ 183550: cinética, metabolismo y actividades de B-xilosidasa. Fisiología microbiana y celular aplicada 97, 3109-31117. <https://doi.org/10.1007/s00253-012-4509-y>
4. Miller, G.L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugars. Journal of Chemical Education 36 (9), 460-462.
5. McFarland, G.S. (1907). Turbidity Standards for Bacteriological Work
6. Méndez-Arango, M.F. (2021). Evaluación del grado de polimerización de los xilooligosacáridos obtenidos por fermentación sólida del rastrojo de amaranto con un hongo filamentoso. Tesis de Maestría. Universidad del Papaloapan.
7. Yao, D.; Wu, M.; Wang, X.; Xu, L.; Zheng, X. (2022). Effect of Different Polymerized Xylooligosaccharides on the Metabolic Pathway in *Bifidobacterium adolescentis*, Journal of Food Quality 22, 4412324. <https://doi.org/10.1155/2022/4412324>

Preparación histológica de tejido pulmonar murino y tinción Hematoxilina/Eosina

Gómez Meneses Yamila Paulina¹, Franco Fabián Rocío Guadalupe², Torres Ramírez Nayeli³, Vázquez Cuevas Francisco Gabriel⁴ Martínez Ramírez Angélica Sofía⁵

¹ Licenciatura en Medicina, Universidad del Papaloapan.

² Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

³ Laboratorio de Microscopía Electrónica "Gerardo Hebert Vázquez Nin", Facultad de Ciencias, UNAM.

⁴ Laboratorio de Fisiología Molecular y Celular, Instituto de Neurobiología, UNAM.

⁵ Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

* email: rfranco@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

La función principal y primordial del pulmón como parte del sistema respiratorio es garantizar el suministro continuo de oxígeno a cada célula del cuerpo. Este elemento es indispensable para que las células puedan producir energía, repararse y mantener todas las funciones vitales. La importancia de esta función es tan crítica que, si bien una persona sobrevive semanas sin comida o días sin agua, solo puede sobrevivir unos pocos minutos sin oxígeno.

Ahora bien, en un contexto histológico para cumplir su función, el aire cargado de oxígeno viaja a través de un sistema de conducción cada vez más pequeño: la tráquea se divide en bronquios, estos en bronquiolos, hasta llegar a unos pequeños sacos llamados alveolos los cuales crean una superficie de exposición al aire inmenso y son cruciales para que el intercambio de gases ocurra a gran escala y de manera eficiente.

Los vasos sanguíneos del sistema de la arteria pulmonar siguen las ramificaciones de los bronquios y bronquiolos hasta formar una red de capilares que están en contacto directo con los alveolos. El intercambio de gases se produce a través de esta membrana alveolar- capilar, donde el oxígeno pasa de los alveolos a la sangre y el dióxido de carbono pasa de la sangre a los alveolos para ser eliminado. A nivel celular, la pared alveolar está formada por diferentes tipos de células, entre ellas las células alveolares tipo I y tipo II. La pared de los capilares está compuesta por células endoteliales. La integridad de estas estructuras es crucial para la difusión de gases y permite a las diferentes áreas de estudio de la medicina poder integrar y aportar conocimiento de este sistema desde diferentes perspectivas esto con la propia finalidad de crear un patrón que pueda predecir con mayor eficiencia el porqué de una enfermedad y por ello la evaluación histológica es una gran herramienta para el estudio de los cambios estructurales del tejido pulmonar tanto en condiciones fisiológicas normales como patológicas [1-3].

La tinción ocupada para el tejido pulmonar fue hematoxilina y eosina, la hematoxilina tiñe los núcleos celulares de color azul o violeta al unirse a los ácidos nucleicos, mientras que la eosina impregna las proteínas citoplasmáticas y componentes extracelulares de tonalidades rosadas. Esta combinación ofrece una visión integral que permite reconocer los tabiques interalveolares, las células alveolares tipo I y tipo II, y la disposición de los capilares alveolares, elementos clave para el proceso de intercambio gaseoso.

Este protocolo tiene como finalidad establecer un esquema estandarizado para la recolección, procesamiento, inclusión, corte y tinción de muestras de tejido pulmonar murino mediante la aplicación de técnicas histológicas convencionales destinadas a su análisis microscópico; Los Pulmones de ratones sanos fueron donados por el Laboratorio de Microscopía Electrónica "Gerardo Hebert Vázquez Nin", Facultad de Ciencias, UNAM, por la Dra. Nayeli Torres.

Se procesaron también otros tejidos donados como corazón, riñón, musculo, cerebro, hígado y adicionalmente tejido de pollo para la obtención de distintas laminillas que serán utilizadas para futuras prácticas de histológicas de las distintas áreas de la universidad del Papaloapan.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Biológico

- Pulmón de murino. (tejido pulmonar sano)

Materiales y Reactivos

- Formalina (fijador).
- Etanol en concentraciones crecientes (50%, 60%, 70%, 80%, 96%, 100%)
- Xilol (50%, 100%)
- Parafina
- Portaobjetos y cubreobjetos
- Micrótopo
- Baño María
- Estufa para secado
- Tinciones:

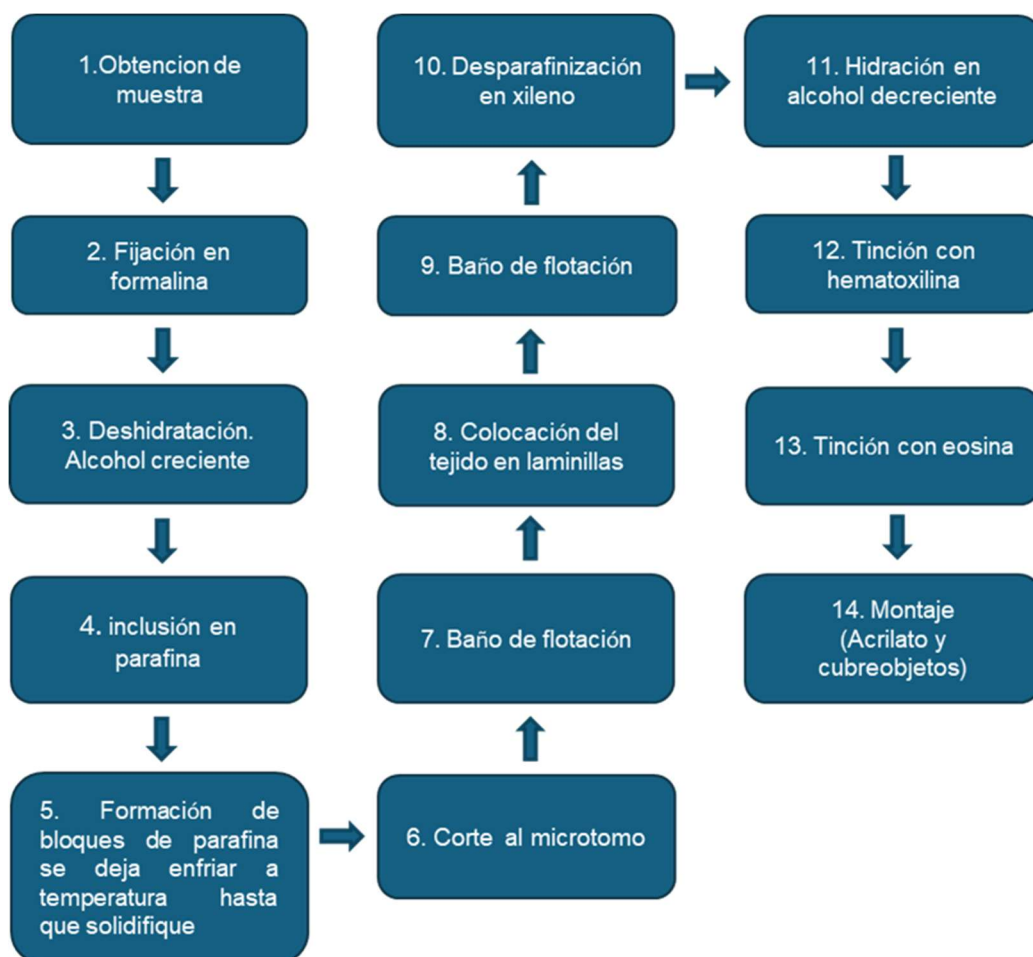
- Hematoxilina y Eosina (H&E)

- Medio de montaje
- Pinceles (de preferencia punta fina suave)

Equipo:

- Campana de extracción
- Microscopio
- Placa calefactora o baño María
- Portaobjetos con adhesivo (opcional)
- Procesador de tejidos

Metodología



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El procedimiento histológico aplicado al tejido pulmonar constituye una de las metodologías más relevantes dentro del ámbito biomédico, ya que permite preservar, procesar y observar con precisión las estructuras microscópicas del parénquima pulmonar. En el laboratorio, este proceso involucra varias etapas críticas: la fijación del tejido (usualmente con formaldehído 3% al 10%) para detener la autólisis y la descomposición; la deshidratación en alcoholes crecientes; la inclusión en parafina para obtener cortes delgados en micrótomos, el aclaramiento mediante xilol para retirar la parafina y finalmente, la tinción con hematoxilina y eosina, que permite distinguir estructuras nucleares y citoplasmáticas.

La importancia de la técnica histológica no se limita únicamente a la medicina humana. En biotecnología, el estudio histológico es esencial para el análisis del tejido en investigación experimental, desarrollo de biomateriales, pruebas de toxicidad y cultivos celulares. En medicina veterinaria, la histología permite evaluar patologías en animales, mejorar la producción animal mediante el estudio de tejidos reproductivos y musculares, y realizar diagnósticos comparativos con modelos humanos.

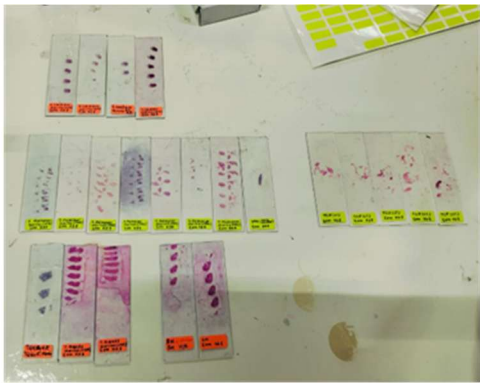


Figura 1. Laminillas de tejidos procesados en el laboratorio.

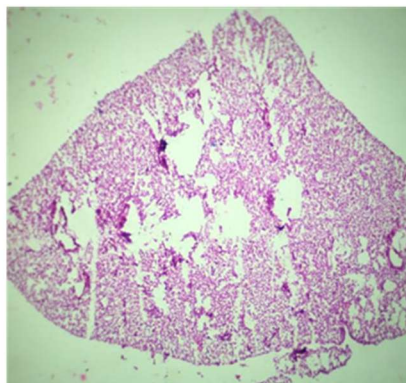


Figura 2. corte coronal de lóbulo pulmonar, 4X.

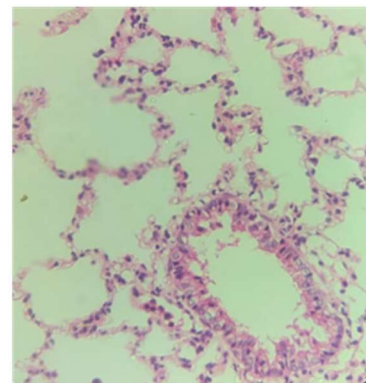


Figura 3. corte sagital de bronquiolo terminal, 40 X.

CONCLUSIÓN

El estudio histológico del tejido pulmonar nos permite comprender la estrecha relación existente entre la estructura microscópica y la función fisiológica del sistema respiratorio. El aprendizaje y la aplicación de la técnica histológica resultan esenciales en nuestra formación médica, ya que nos permiten correlacionar las bases morfofuncionales con la patología clínica, desarrollando habilidades diagnósticas y de observación crítica.

Asimismo, la práctica histológica trasciende el ambiente médico, siendo igualmente relevante para disciplinas como biotecnología y medicina veterinaria, donde se utiliza para la caracterización de tejidos, la investigación comparativa y el desarrollo de modelos experimentales. Este trabajo de laboratorio, que incluyó el procesamiento de diferentes órganos murinos, favorece el aprendizaje interdisciplinario y la creación de recursos educativos.

REFERENCIAS

- [1] Revisión de la anatomía y fisiología pulmonar (Manual de entrenamiento en espirometría). Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos. Recuperado de https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2004-154c_sp/pdfs/2004-154c-ch1.pdf
- [2] Suvarna, S. K., Layton, C., & Bancroft, J. D. (2019). Bancroft's Theory and Practice of Histological Techniques (8.^a ed.). Elsevier.
- [3] Ross, M. H., & Pawlina, W. (2021). Histología: Texto y atlas con biología celular y molecular correlacionada (8.^a ed.). Editorial Médica Panamericana.

Modificaciones al anillo A y al espiroacetal de la diosgenina

Esteban Aquino Laura Cecilia,¹ Pérez Picaso Lemuel², Viñas Bravo Omar², Martínez Pascual Roxana^{2*}

¹Licenciatura en Ciencias Químicas, Universidad del Papaloapan.

²Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Química Aplicada, Universidad del Papaloapan.

*email: rpascual@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Los esteroides son metabolitos secundarios de gran relevancia presentes en numerosos productos naturales. Su estructura tetracíclica tipo androstano les otorga estabilidad y propiedades lipofílicas, lo que les permite cumplir diversas funciones biológicas en los seres vivos [1]. La diosgenina, una sapogenina esteroidal, se encuentra en abundancia en plantas como *Dioscorea alata*, *Smilax China* y *Trigonella foenum graecum*. Este fitoquímico bioactivo no solo se utiliza como importante materia prima para la preparación de diversos fármacos esteroidal en la industria farmacéutica, sino que también ha revelado un alto potencial e interés en el tratamiento de diversos trastornos como el cáncer, el hipercolesterolemia, la inflamación y diversos tipos de infecciones [2]. La diosgenina ha sido modificada hacia una gran número de compuestos con alguna actividad biológica, dichas modificaciones son comunes en los anillos A y B y en el espiroacetal. Los productos de oxidación de la diosgenina pueden ser muy variables dependiendo del agente oxidante que se utilice, los tiempos de reacción y la temperatura, algunos de los productos pueden ser los que se observan en la Figura 1 [3].

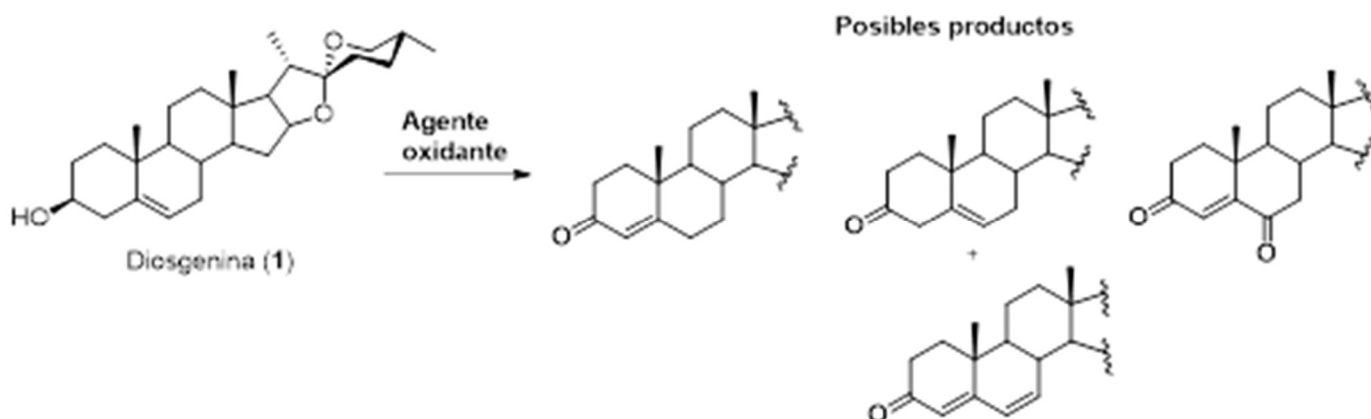


Figura 1. Posibles productos de oxidación de los anillos A y B del núcleo esteroidal.

En el presente trabajo se exploró la oxidación de la diosgenina utilizando la mezcla PCC/CaCO₃ a temperatura ambiente y con iodo molecular en etanol a reflujo. Por otra parte, se modificó la cadena lateral de la diosgenina hacia formación de un derivado 22-oxo-26-hidroxi para realizar futuras transformaciones sobre ese intermediario sintético.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon reactivos Aldrich y disolventes Meyer sin purificar. La cromatografía en columna flash se realizó con gel de sílice Merck Silica Gel 60 (malla 230–400) y la TLC en placas de sílice 60 F₂₅₄ (Merck). Los espectros de RMN se registraron en un espectrómetro Magritek 80 (80 MHz para ¹H y 20 MHz para ¹³C), utilizando CDCl₃ como disolvente y TMS como estándar interno.

Procedimiento para las reacciones de oxidación de la diosgenina

Para efectuar las oxidaciones de diosgenina, se probaron 3 tipos de condiciones (Figura 2):

- a) Diosgenina (0.48 mmol, 200 mg) en etanol (10 mL), posteriormente se adicionó I₂ (1.5 equiv, 91 mg) y MnO₂ (1.1 equiv, 46.1 mmol). La mezcla se sometió a reflujo (78 °C) por 3 h.
- b) Diosgenina (0.48 mmol, 200 mg) en diclorometano (10 mL), posteriormente se añadieron PCC (3 equiv, 311 mg) y CaCO₃ (5 equiv, 241 mg). La reacción se dejó en agitación por 2 h.
- c) Mismas condiciones que el paso 2) pero dejando la reacción por 4 h.

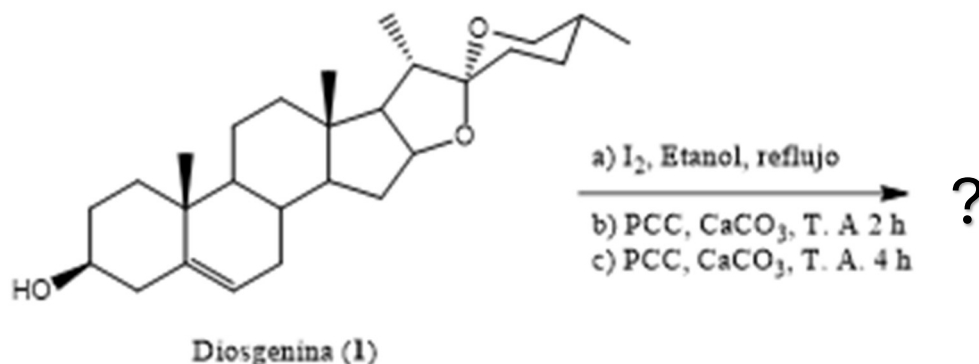


Figura 2. Condiciones de reacción de oxidación de la diosgenina.

Procedimiento para la modificación de la cadena lateral de la diosgenina

Para la modificación de la cadena lateral de la diosgenina, se siguió la siguiente metodología (Figura 3):

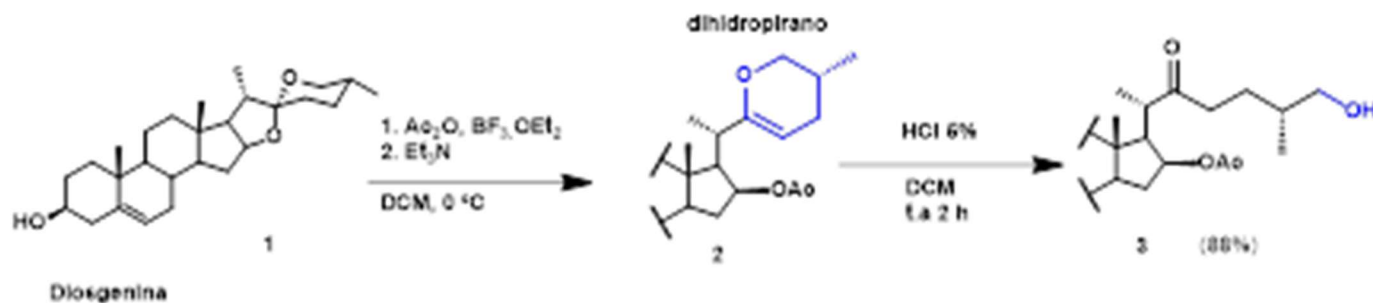


Figura 3. Metodología realizada para modificar la cadena lateral de la diosgenina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La oxidación de la diosgenina se realizó mediante tres distintas condiciones, la primera de ellas consistió en tratar a la materia prima con yodo molecular en etanol a reflujo. Con esta técnica, la diosgenina prácticamente no reaccionó, observándose por cromatografía en capa fina, la formación de unas pequeñas manchas menos polares que ella, sin embargo, no se logró determinar la estructura de ninguna de ellas.

Cuando la oxidación se hizo con PCC, se obtuvieron 3 productos: la (25*R*)-Spirostan-5-en-3-ona, la (25*R*)-Spirostan-4-en-3-ona y la (25*R*)-Spirostan-4-en-3,6-diona. Se observó que cuando la reacción se mantuvo por 2 h, el rendimiento de los tres productos es aproximadamente equitativo, siendo alrededor de 30% de cada uno de los productos. Sin embargo, cuando la reacción se mantiene por 4 h, el producto principal es la (25*R*)-Spirostan-4-en-3,6-diona (50%). En las Figuras 1-2, se observan los espectros de protón de los productos de la oxidación con PCC/CaCO₃

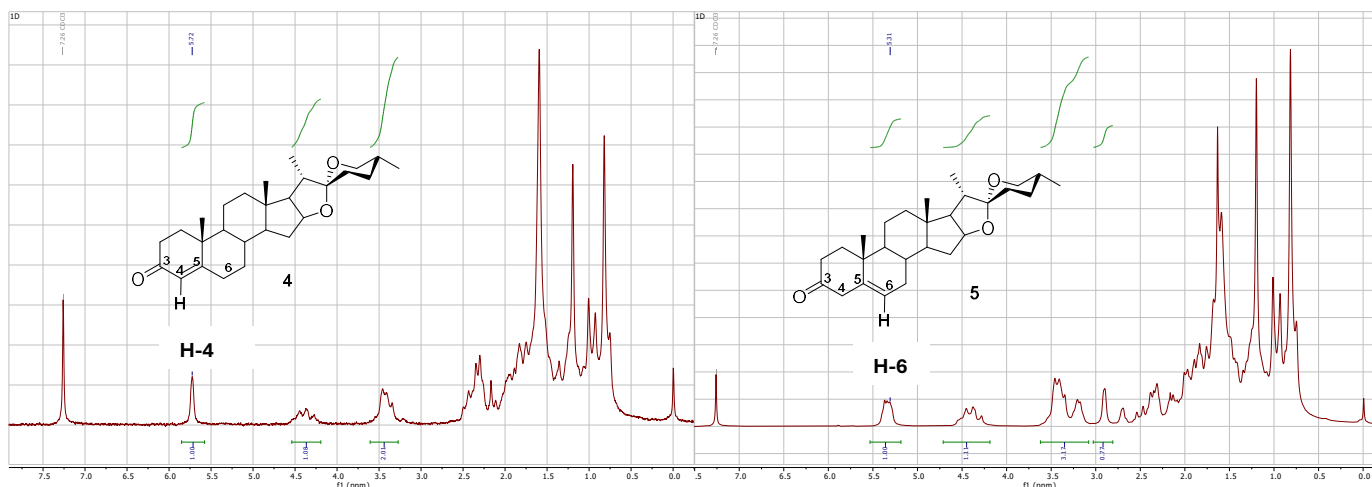


Figura 4. Espectros de protón de los productos de oxidación de la diosgenina: (25*R*)-Spirostan-4-en-3-ona (**4**) (izquierda) y la (25*R*)-Spirostan-5-en-3-ona (**5**) (derecha).

Como se observa en las Figuras 4 y 5, la señal característica que permite identificar el tipo de producto corresponde al protón vinílico. En el caso de la (25*R*)-Spirostan-4-en-3-ona (**4**), el protón en C-4 aparece a 5.72 ppm, mientras que para la (25*R*)-Spirostan-4-en-3,6-diona (**6**) se registra a 6.18 ppm. Por otro lado, en la (25*R*)-Spirostan-5-en-3-ona (**5**), el protón vinílico de C-6 se detecta a 5.31 ppm. Estas diferencias se deben al ambiente químico del protón vinílico: cuando el doble enlace está conjugado con la cetona en C-3, la señal tiende a desplazarse hacia campos más bajos y aparece como una señal sencilla y ancha, debido a la ausencia de acoplamiento con otros protones cercanos. En cambio, en la (25*R*)-Spirostan-5-en-3-ona (**5**), la señal presenta una multiplicidad más compleja y, al no estar próxima a un grupo carbonilo, tiende a desplazarse hacia campos más altos (protección).

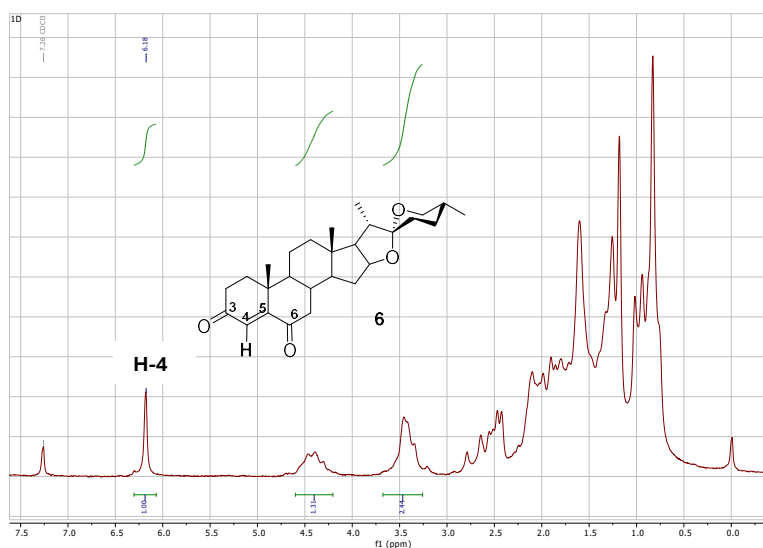


Figura 5. Espectro de protón del producto de oxidación de: (25*R*)-Spirostan-4-en-3,6-diona (**6**).

Con respecto a la reacción de modificación de la cadena lateral de la diosgenina, se siguió una metodología ya reportada en la literatura, logrando obtener el derivado 22-oxo-26-hidroxicolestánico (**3**) (Esquema 3) con un buen rendimiento de reacción [4]. La formación del producto se verificó por RMN de ^1H y ^{13}C , coincidiendo con los datos de la bibliografía, confirmando la reproducibilidad del experimento.

CONCLUSIÓN

La oxidación de la diosgenina con iodo molecular en etanol a reflujo no mostró ser una buena opción para oxidar el alcohol de la diosgenina. La oxidación con PCC, permite la transformación completa de la diosgenina a tres productos: la (25*R*)-Spirostan-5-en-3-ona, la (25*R*)-Spirostan-4-en-3-ona y la (25*R*)-Spirostan-4-en-3,6-diona. Dependiendo el tiempo de reacción, los dos primeros se pueden seguir oxidando, aumentando el rendimiento de la (25*R*)-Spirostan-4-en-3,6-diona. Por otra parte, el experimento reportado en la literatura para modificar la función espiroacetal de la diosgenina hacia el derivado 22-oxo-26-hidroxicolestánico fue reproducible.

REFERENCIAS

- [1] Zeelen, F. J. (1997). Capítulo 22, Medicinal Chemistry of steroids, Principles of Medical Biology, Elsevier, 8, 427-463, [https://doi.org/10.1016/S1569-2582\(97\)80047](https://doi.org/10.1016/S1569-2582(97)80047).
- [2] Sethi, G.; Shanmugam, M.K.; Warriar, S.; Merarchi, M.; Arfuso, F.; Kumar, A.P.; Bishayee, (2018). A. Pro-Apoptotic and Anti-Cancer Properties of Diosgenin: A Comprehensive and Critical Review. *Nutrients*, 10(5), 645. <https://doi.org/10.3390/nu10050645>
- [3] Martínez-Pascual, R.; Felipe-Zaragoza, L.G.; Peña-Rico M.A.; Cruz-Nolasco, A.; Pérez-Picaso, L.; Núñez-López, S.; López-Torres, A.; Viñas-Bravo, O. (2023). A novel and easy protocol to obtain 6-alkoxy- $\Delta^{4,6}$ -diene-3-one derivatives from available sterols, *Steroids*, 200, 109323. <https://doi.org/10.1016/j.steroids.2023.109323>.
- [4] Hilario-Martínez, J.C.; Zeferino-Díaz, R.; Muñoz-Hernández, M.A.; Hernández-Linares, M.G.; Cabellos, J.L.; Merino, G.; Fernández-Herrera, M.A. (2016). Regioselective Spirostan E-Ring Opening for the Synthesis of Dihydropyran Steroidal Frameworks. *Organic Letters*, 18(8), 1772–1775. doi:10.1021/acs.orglett.6b00492

Síntesis de colestán-4,6-dien-3-ona por oxidación del colesterol con iodo molecular

Cruz Hernández Rubí del Pilar¹, Martínez Pascual Roxana², Viñas Bravo Omar³, Pérez Picaso Lemuel^{2*}

¹Ingeniería en Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

²Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Química Aplicada, Universidad del Papaloapan.

*email: lemuelp@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El colesterol (5-colesten-3 β -ol) es un esteroide esencial en los organismos animales, que participa en la estructura de las membranas celulares y es precursor en la biosíntesis de hormonas esteroidales, vitamina D y ácidos biliares. Su estructura química le permite sufrir oxidaciones generando compuestos insaturados como la colestán-4,6-dien-3-ona (1), que es un compuesto de interés en síntesis orgánica [1].

Diversos oxidantes han sido utilizados para modificar la estructura del colesterol, entre estos se encuentran el dióxido de manganeso (MnO₂) y la *p*-quinona que producen el derivado colestán-4,6-dien-3-ona (1) con bajos rendimientos. Por otro lado, al emplear dióxido de cromo (CrO₂, Magtrieve™) se ha obtenido los mejores rendimientos de este compuesto [1]. Oxidantes como DDQ o PCC también son eficaces, pero requieren más pasos adicionales de síntesis o purificación. Como alternativa a estos agentes oxidantes, el iodo molecular (I₂), destaca por ser un agente eficaz, no tóxico y amigable con el medio ambiente [2], especialmente en combinación con bases y disolventes adecuados, lo que permite la oxidación de sistemas esteroidales [3]. La obtención de los productos de la reacción de oxidación puede efectuarse mediante técnicas cromatográficas como cromatografía en capa fina (TLC) y cromatografía en columna, que son herramientas fundamentales para la obtención de un compuesto puro. La modificación química del derivado se confirma mediante la técnica espectroscópica de resonancia magnética nuclear (RMN).

Un caso representativo de la obtención del sistema 4,6-dien-3-ona se describió en la síntesis de la espironolactona (Figura 1) [4], donde se empleó una reacción de Oppenauer, seguida del agente oxidante cloranil, para introducir un doble enlace conjugado con un carbonilo en el anillo A de un esteroide. Este ejemplo es relevante para el presente trabajo porque al igual que en la oxidación del colesterol a colestán-4,6-dien-3-ona (1), se busca modificar selectivamente la estructura esteroide mediante agentes oxidantes que faciliten la formación de insaturaciones conjugadas.

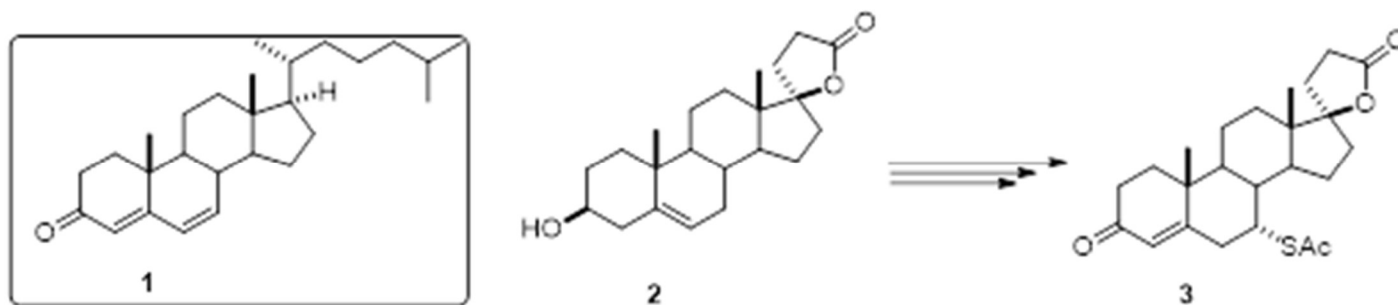


Figura 1. Ejemplos de 4,6-dien-3-ona en síntesis.

En el presente trabajo se exploró la oxidación del colesterol con iodo molecular en diversas condiciones experimentales con el propósito de obtener el derivado colestán-4,6-dien-3-ona (1) y efectuar su caracterización mediante resonancia magnética nuclear.

MATERIALES Y MÉTODOS

Todos los reactivos comercialmente disponibles: colesterol, K_2CO_3 , I_2 , sulfato de sodio anhidro, cloroformo, DMF, tolueno, acetonitrilo, *t*-BuOH, DMSO, EtOH y polietilenglicol, se utilizaron tal como fueron suministrados por Sigma-Aldrich®, sin purificación adicional. Los disolventes grado técnico como: hexano, diclorometano y acetato de etilo fueron destilados para su uso. La cromatografía en columna flash se realizó empleando gel de sílice Merck Silica Gel 60 (malla 230-400). La cromatografía en capa fina (TLC) se llevó a cabo sobre placas pre-recubiertas de gel de sílice 60 F₂₅₄ (Merck). Los espectros de RMN se registraron en un espectrómetro Magritek 80 (80 MHz para 1H y 20 MHz para ^{13}C), utilizando $CDCl_3$ como disolvente y tetrametilsilano (TMS) como estándar interno. Los desplazamientos químicos (δ) se reportan en partes por millón (ppm).

Procedimiento para la síntesis de colestán-4,6-dien-3-ona (1)

A un matraz balón de 25 mL con agitación magnética se añadió colesterol (0.517 mmol, 200 mg) y K_2CO_3 (1.034 mmol, 142.9 mg), seguido de la adición de un disolvente de elección. A la suspensión se le agregó yodo molecular (1.551 mmol, 393.8 mg) y la mezcla de reacción en agitación se sometió a calentamiento y/o reflujo durante el tiempo indicado. Al finalizar, la reacción se concentró cuando el disolvente usado fue etanol o acetonitrilo. Para la reacción con *t*-BuOH se efectuó la extracción con AcOEt. Para los demás disolventes la reacción se extrajo empleando 10 mL de agua destilada y 10 mL de una mezcla de hexano/AcOEt (5:5, x3). Las fases orgánicas recuperadas se filtraron con sulfato de sodio anhidro y el disolvente se eliminó en un rotavapor hasta obtener un residuo sólido. La purificación del producto crudo se realizó mediante cromatografía flash con un sistema de disolventes hexano/AcOEt (95:5). Finalmente, el producto obtenido se caracterizó por resonancia magnética nuclear 1H y ^{13}C .

Método A: disolvente: DMF/tolueno (1:4), volumen 5 mL, tiempo 3 h, temperatura: reflujo. Método B: disolvente: *t*-BuOH, DMF, EtOH y/o acetonitrilo, volumen: 12 mL, tiempo 6 h, temperatura: reflujo. Método C: disolvente: PEG-400, DMSO y/o DMF, volumen: 12 mL, tiempo: 4 h, temperatura: 100°C.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La oxidación del colesterol (5-colesten-3 β -ol) a colestán-4,6-dien-3-ona (1) fue evaluada bajo diferentes condiciones de reacción, cambiando variables como solvente, concentración, temperatura y tiempo de reacción (Tabla 1). Los productos obtenidos fueron aislados mediante cromatografía flash y se analizaron por espectroscopia de RMN (1H y ^{13}C).

La oxidación del colesterol se realizó empleando yodo molecular en *terc*-butanol a reflujo por 3 h (Entrada 1) [2], obteniendo un bajo porcentaje de rendimiento (7.2%). Al efectuar la reacción en DMF/tolueno (Entrada 2), se observó una mejora en la cantidad obtenida del producto obtenido (29%). Sin embargo, la disminución de la concentración inicial del colesterol empleando los disolventes, *terc*-butanol y/o DMF a reflujo por 6 h (Entrada 3 y 5), condujo a un incremento en los rendimientos (20% y 41%). Al evaluar el efecto de la temperatura mediante el calentamiento de la DMF a 100 °C por 4 h (entrada 9), se obtuvo un rendimiento menor (13%), en comparación con el alcanzado cuando la reacción se llevó a cabo en condiciones de reflujo con DMF (Entrada 5). Esta diferencia puede atribuirse al incremento en la temperatura alcanzada bajo reflujo, lo cual favorece una mayor eficiencia en el proceso de transformación. Sin embargo, al comparar ambas condiciones con DMF (Entrada 5 y 9), se observó un efecto en la pureza del producto: la primera condición favorece la conversión rápida, aunque con un mayor número compuestos (visualizados por TLC), mientras que la segunda ofrece condiciones más suaves de síntesis, lo que condujo a una fácil separación cromatográfica del producto. Tras realizar la reacción con EtOH a reflujo y/o polietilenglicol a 100 °C (Entrada 4 y 7), no se detectó la formación del producto, mientras que el cambio de disolvente por acetonitrilo a reflujo (Entrada 6), condujo a su obtención con un rendimiento bajo (12%), aunque fue mayor que los obtenidos en los disolventes como *terc*-butanol (Entrada 1) y DMSO (Entrada 8).

En términos generales, se observó que en la mayoría de las reacciones la oxidación del colesterol para obtener la colestán-4,6-dien-3-ona (1) fue limitada bajo las condiciones propuestas, siendo la mejor condición aquella en la que se empleó DMF a reflujo, la cual proporcionó el producto de reacción con un porcentaje del 41%. En contraste, disolventes como EtOH y polietilenglicol no favorecieron la oxidación del colesterol. Los espectros de RMN mostraron señales características de dobles enlaces conjugados (Figura 2), mostrando la formación del producto deseado.

En el espectro de 1H (Figura 2a), se observan tres protones vinílicos con desplazamientos de 6.12 (2H) y 5.66 ppm (1H), mientras que en RMN de ^{13}C (Figura 2b), se observan 25 señales para 27 carbonos presentes en la estructura del

compuesto. El carbonilo de cetona se observa a 192.2 ppm y cuatro señales que corresponden a los carbonos olefinicos, los cuales se localizan a 164.2, 142.7, 127.3 y 120.4 ppm.

Tabla 1. Evaluación de condiciones para la obtención de colestán-4,6-dien-3-ona (1).

Entrada	Sistema de reactivos	Disolvente	Tiempo (h)	Volumen (mL)	Producto (mg)	Rendimiento (%)
1	K ₂ CO ₃ (2eq), I ₂ (3eq)	<i>t</i> -BuOH	3	3	14.2	7.2
2	K ₂ CO ₃ (2eq), I ₂ (3eq)	DMF/tolueno	3	5	57.6	29.1
3	K ₂ CO ₃ (2eq), I ₂ (3eq)	<i>t</i> -BuOH	6	12	39.7	20
4	K ₂ CO ₃ (2eq), I ₂ (3eq)	EtOH	6	12	---	0
5	K ₂ CO ₃ (2eq), I ₂ (3eq)	DMF	6	12	82.3	41.5
6	K ₂ CO ₃ (2eq), I ₂ (3eq)	Acetonitrilo	6	12	25.4	12.8
7	K ₂ CO ₃ (2eq), I ₂ (3eq)	Polietilenglicol	4	12	---	0
8	K ₂ CO ₃ (2eq), I ₂ (3eq)	DMSO	4	12	3.8	1.9
9	K ₂ CO ₃ (2eq), I ₂ (3eq)	DMF	4	12	26.6	13.4

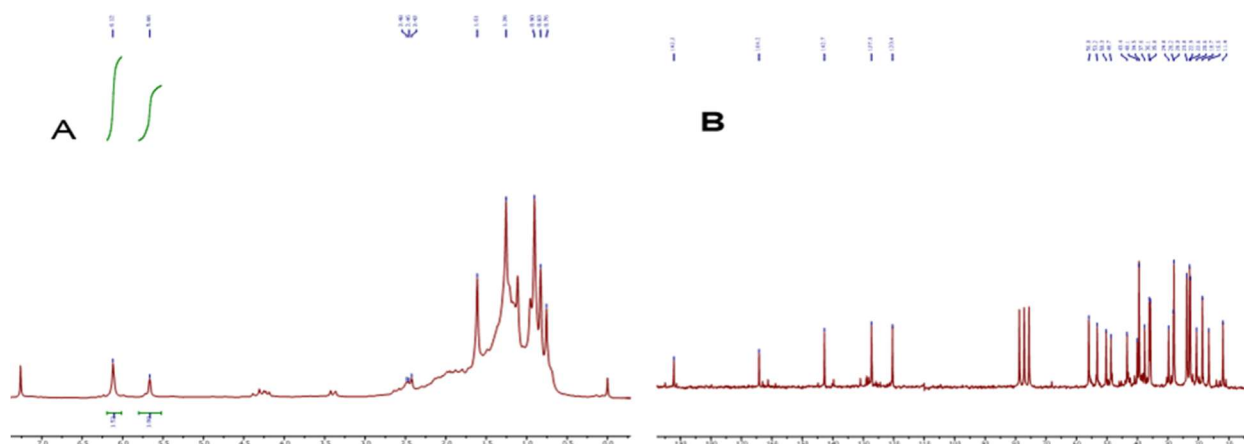


Figura 2. RMN de A) ¹H y B) ¹³C de colestán-4,6-dien-3-ona (1).

CONCLUSIÓN

La oxidación del colesterol con iodo molecular mostró una gran dependencia del disolvente y de la temperatura empleada. Estos resultados permiten concluir que la DMF es el disolvente más adecuado para la modificación confirmando su eficacia como un medio polar que favorece la formación de la colestán-4,6-dien-3-ona (1) y que futuras mejoras deberán centrarse en la temperatura, tiempo y estequiometría del oxidante para incrementar el rendimiento de la reacción.

REFERENCIAS

- [1] Parish, E.J.; Sun, H.; Lu, D.; Kizito, S.A.; Qiu, Z. (2002). New chemical syntheses of cholest-4, 6-dien-3-one. *Lipids*, 37 (12), 1197-1200.
- [2] Mori, N.; Togo, H. (2005). Facile oxidative conversion of alcohols to esters using molecular iodine. *Tetrahedron*, 61 (24), 5915-5925.
- [3] Küpper, F.C.; Feiters, M.C.; Olofsson, B.; Kaiho, T.; Yanagida, S.; Zimmermann, M.B.; Carpenter, L.J.; Luther III, G.W.; Lu, Z.; Jonsson, M.; Kloo, L. (2011). Commemorating two centuries of iodine research: an interdisciplinary overview of current research. *Angewandte Chemie International Edition*, 50 (49), 11598-11620.
- [4] Larik, F.A.; Saeed, A.; Shahzad, D.; Faisal, M.; El-Seedi, H.; Mehfooz, H.; Channar, P.A. (2017). Synthetic approaches towards the multi target drug spironolactone and its potent analogues/derivatives. *Steroids*, 118, 76-92.

Estabilización de emulsiones aceite-glicerol/agua

Abonce Lorenzo Everardo¹, Beltrán Mendoza Edgar², Valera Zaragoza Mario^{3*}

¹Licenciatura en Ciencias Químicas, Universidad del Papaloapan

²Doctorado en Ciencias Químicas, División de Estudios de Posgrado, Universidad del Papaloapan.

³Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Química Aplicada, Universidad del Papaloapan

*email: mvalera@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

Las emulsiones, mezclas de líquidos inmiscibles, son esenciales en industrias como alimentación, cosmética y farmacia [1-2]. Aunque tradicionalmente se han estudiado las emulsiones aceite-agua, otros compuestos podrían modificar el comportamiento de la emulsión, tal como el glicerol. El glicerol (o glicerina) es un subproducto abundante de la producción de biodiesel. Debido a sus características tiene diversos usos. El objetivo del presente trabajo es probar la combinación de aceite, agua y glicerol en la formación de emulsiones estables. En una posible emulsión aceite/glicerol/agua, el glicerol podría combinarse con agua formando una fase polar que se emulsiona con una fase oleosa o fase no polar. La estabilización de estos sistemas presenta tanto desafíos como oportunidades únicas, debido a las propiedades distintivas del glicerol y su comportamiento en interfaces con otros componentes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Equipos utilizados

Microscopía óptica (MO), microscopia electrónica de barrido por efecto campo (FE-SEM), análisis termogravimétrico (TGA) y espectroscopía infrarroja (FTIR).

Reactivos

Aceite de oliva extra-virgen, agua destilada, glicerol, surfactante tween-80.

Desarrollo experimental.

Se realizaron diferentes pruebas de emulsión variando la temperatura y la concentración de los reactivos, con el objetivo de determinar algunos parámetros adecuados para que las emulsiones alcanzaran una estabilidad óptima. Mediante MO se estudió la estabilidad de las emulsiones de las diferentes pruebas. Considerando las condiciones de formulación con mejores resultados, se prepararon dos emulsiones tipo directa, aceite en agua (O/W) bajo las condiciones indicadas en la Tabla 1. Se mantuvieron constantes las proporciones de los reactivos, la agitación magnética y el tiempo de agitación (1000 rpm durante 3 h). Se utilizó una disolución de agua y glicerol en una proporción 5:1, con 0,5 ml de aceite de oliva. La variable de estudio fue la temperatura. La emulsión n.º 1 se llevó a cabo a temperatura ambiente, mientras que la emulsión n.º 2 se realizó a 60 °C. Las emulsiones fueron caracterizadas mediante SEM, TGA, IR y MO.

Tabla 1. Parámetros utilizados en las pruebas de emulsión.

Muestras	Tween-80	Aceite de oliva	Agua	Glicerol	Temperatura
Emulsión n°1	100 μ l	0.5 ml	5 ml	1 ml	Ambiente
Emulsión n°2	100 μ l	0.5 ml	5 ml	1 ml	60 °C

Tiempo de agitación: 3 h, Velocidad de agitación: 1000 rpm.

Preparación de muestras para la caracterización de las emulsiones. Para la caracterización de las emulsiones mediante microscopía óptica (MO), se tomó una gota de la muestra y se depositó sobre un portaobjetos. Posteriormente, se colocó un cubreobjetos sobre la gota para evitar el contacto directo con el lente del microscopio. La muestra se observó y se

analizó con los objetivos de 4x, 40x y 100x, logrando visualizar las micelas. Para la caracterización mediante FTIR, se tomó una gota de la emulsión y se depositó directamente en el dispositivo del espectrómetro. Para el análisis en FE-SEM se tomó una gota de cada emulsión y se colocó sobre un pin de aluminio. Posteriormente, cada pin con la muestra fue secado en el horno por 72 horas a 70 °C. Para el análisis de TGA, se colocaron 10 mg de cada emulsión en el crisol del equipo. El ensayo se realizó en un rango de temperatura de 30 a 700 °C, con una tasa de calentamiento de 10 °C/min.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A simple vista, las emulsiones presentan un aspecto lechoso (Figura 1). Al ser observadas bajo microscopio óptico (MO), las emulsiones n°1 y n°2 mostraron comportamientos diferentes. En la emulsión n°1 se observaron micelas de menor tamaño en comparación con las presentes en la emulsión n°2 (Figura 2). Las emulsiones fueron estables y se han mantenido estables hasta la fecha.



Figura 1. Emulsiones observadas a simple vista.

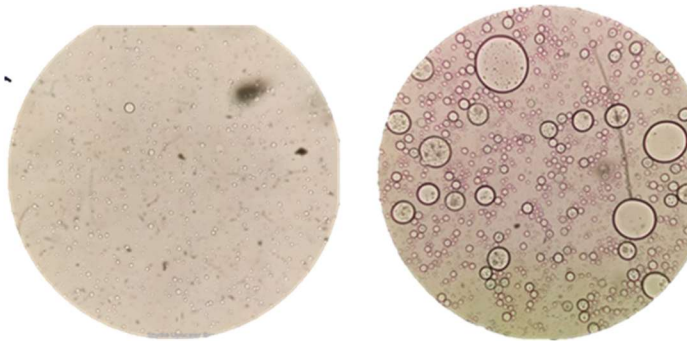


Figura 2. Emulsión n°1 observada bajo MO a 40x.

CONCLUSIÓN

La estabilización de emulsiones aceite-glicerol/agua es un campo de investigación relevante para valorizar el glicerol. Estas emulsiones presentan propiedades únicas debido a la alta viscosidad y naturaleza del glicerol. Su estabilización requiere estrategias específicas como: tensioactivos y variables adecuadas para reducir la tensión interfacial y mantener la estabilidad de las micelas.

REFERENCIAS

- [1] McClements, D.J.; Jafari, S.M. (2018). Improving emulsion formation, stability and performance using mixed emulsifiers: A review. *Advances in Colloid and Interface Science* 251, 55-79
- [2] Friberg, S.; Larsson, K.; Sjöblom, J. (Eds.). (2004). *Food emulsions* (4th ed.). Marcel Dekker

Degradación del oxalato de malaquita mediante fotocátalisis en reactor batch

Meneces Yescas Yered Fortino¹, Martínez Galero Nelda Xanath^{2*}

¹Ingeniería en Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

²Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Química Aplicada, Universidad del Papaloapan.

* email: nmartinez@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El oxalato de malaquita (VM) es un colorante catiónico perteneciente a la familia de los triarilmetanos, es ampliamente utilizado como agente antimicrobiano y colorante textil. La degradación de VM es de suma importancia debido a que su toxicidad aumenta con el tiempo de exposición causando carcinogénesis, mutagénesis, fracturas cromosómicas, teratogenicidad y toxicidad respiratoria. Su persistencia, toxicidad y potencial carcinogénico representan un riesgo ambiental significativo [1]. Los métodos convencionales de tratamiento, como la adsorción o la coagulación, presentan limitaciones frente a la completa mineralización del VM [2-3]. Por otra parte, la fotocátalisis heterogénea es una alternativa verde y eficiente, capaz de transformar contaminantes en compuestos inocuos, mediante la acción de un semiconductor activado por radiación [4-5]. El presente trabajo tiene como objetivo degradar el VM en un reactor batch para estudiar la cinética y la influencia de variables de proceso como la concentración del catalizador, el pH y la intensidad luminosa, antes de su eventual aplicación en reactores de flujo continuo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El VM [$C_6H_3C(C_6H_3N(CH_3)_2)_2]^+C_2HO_2^-$ (Aldrich RG) utilizado, fue la sal de oxalato que fácilmente se disuelve en agua dando una disolución de intenso color verde y que absorbe a 621 nm (coeficiente de extinción de $10^{-1} M^{-1} cm^{-1}$). El dióxido de titanio (TiO_2) utilizado fue Degussa P-25, el material más usado en aplicaciones fotocatalíticas ambientales. El proceso fotocatalítico se desarrolló en un reactor batch, provisto de agitación constante y fuente de irradiación UV. La disolución acuosa del verde de malaquita ($50 mg \cdot L^{-1}$) se mezcló con el fotocatalizador (TiO_2) y se sometió a irradiación (Figura 1). El experimento consistió en tomar alícuotas a intervalos de 0.5 min y medir la concentración de la alícuota en el espectrofotómetro E1000Uv de Peak Instruments.

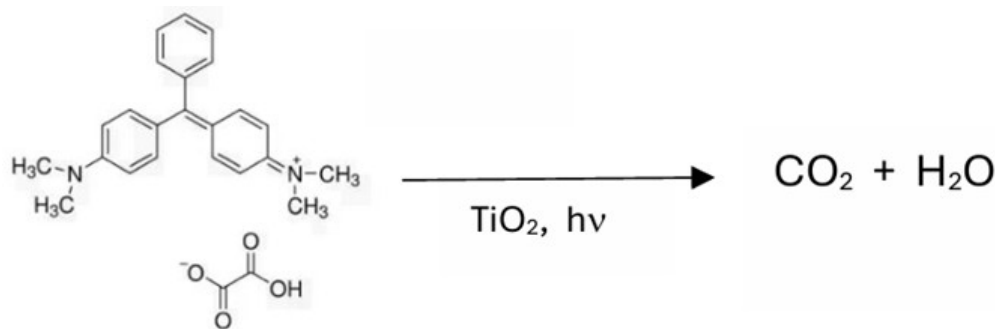
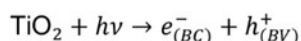


Figura 1. Degradación fotocatalítica de oxalato de malaquita.

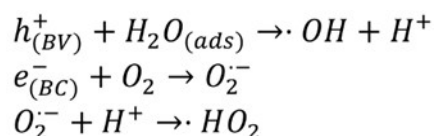
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mecanismo de degradación del verde de malaquita sobre un semiconductor fotocatalítico (TiO_2) se puede resumir en las siguientes etapas elementales:

Excitación electrónica:



Generación de especies reactivas de oxígeno (ROS):



Degradación del contaminante:



Durante la irradiación, las especies reactivas rompen los enlaces C–N y C=C del sistema aromático del contaminante, provocando N-desmetilación, apertura del anillo aromático y posterior mineralización. Del seguimiento de la absorción a 621 nm en el espectrofotómetro UV-Vis de la reacción de degradación en la disolución de VM se observó la desaparición progresiva de la banda de absorción característica del VM (621 nm), confirmando la degradación cromofórica. A 8 min de reacción (Figura 2). La velocidad de degradación aparente es una reacción de pseudo-primer orden.

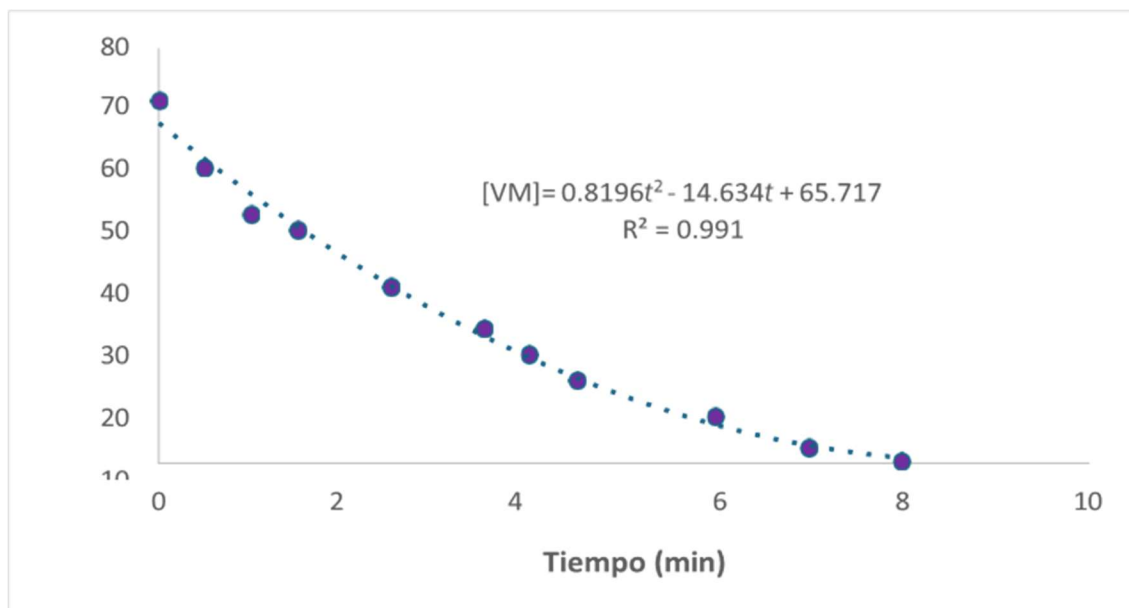


Figura 2. Cinética de la degradación fotocatalítica de oxalato de verde de malaquita.

La velocidad de degradación aparente es una reacción de pseudo-primer orden El modelo cinético de VM describe la degradación aparente, con un comportamiento de pseudo-primer orden. Los parámetros evaluados incluyen la velocidad y la eficiencia de la reacción de degradación.

CONCLUSIÓN

La fotocatalisis heterogénea en reactor batch representa una alternativa efectiva para la eliminación del verde de malaquita. El fotocatalizador, su morfología y la fuente de irradiación determinan la eficiencia global del proceso. El entendimiento del mecanismo fotoinducido permite diseñar sistemas optimizados que favorezcan la generación de radicales reactivos y promuevan la mineralización total del contaminante.

REFERENCIAS

- [1] Srivastava, S.; Sinha, R.; Roy, D. (2003). Toxicological effects of malachite green. *Aquatic Toxicology* **66** (3), 319–329. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2003.09.008>
- [2] Saikia, L.; Bhuyan, D.; Saikia, M.; Malakar, B.; Dutta, D.K.; Sengupta, P. (2015). Photocatalytic Performance of ZnO Nanomaterials for Self-Sensitized Degradation of Malachite Green Dye under Solar Light. *Appl. Catal. A Gen.* 490, 42–49. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2014.10.053>
- [3] Balderas-León, I.; Silva-Jara, J.M.; López-Álvarez, M.Á.; Ortega-Gudiño, P.; Barrera-Rodríguez, A.; Neri-Cortés, C. (2024). Degradation of Malachite Green Dye by Solar Irradiation Assisted by TiO₂ Biogenic Nanoparticles Using Vaccinium corymbosum Extract. *Sustainability* 16, 7638. <https://doi.org/10.3390/su16177638>
- [5] Zaharieva, J.; Tsvetkov, M.; Georgieva, M.; Tzankov, D.; Milanova, M. (2024). Photocatalysts for the Degradation of the Water Pollutants Malachite Green and Rhodamine B. *Int. J. Sci.* 25, 6755. <https://doi.org/10.3390/ijms251265>

Desarrollo del frontend del sistema de gestión de actividades de la Universidad del Papaloapan, usando Flutter

Granillo López Axel¹, López Rodríguez Ariel^{2*}

¹Ingeniería en Computación, Universidad del Papaloapan.

²Instituto de Agroingeniería, Universidad del Papaloapan.

* email: alopez@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

En el marco del proyecto “Gestión de Actividades de la Universidad del Papaloapan”, se desarrolló el módulo de frontend (parte de una aplicación con la que interactúa el usuario) de una aplicación web con el propósito de ofrecer a la comunidad universitaria una herramienta práctica para consultar y registrar actividades académicas, deportivas y culturales dentro de la institución.

El principal objetivo de esta fase fue construir una aplicación móvil funcional, intuitiva y eficiente, que permitiera la comunicación fluida con el backend (parte que se encarga de la lógica del negocio y la gestión de datos) y garantizara una experiencia de usuario satisfactoria. La elección de Flutter como framework de desarrollo respondió a su capacidad de generar aplicaciones multiplataforma (Android, iOS y web) a partir de un solo código base, lo que permitió reducir tiempos de desarrollo y asegurar la consistencia visual entre dispositivos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo del frontend se llevó a cabo utilizando el framework Flutter, Flutter es un marco de código abierto para crear aplicaciones multiplataforma compiladas de forma nativa a partir de una única base de código [1], flutter se desarrolla con el lenguaje de programación Dart. Para el entorno de desarrollo se utilizó Visual Studio Code, y el control de versiones se gestionó mediante GitHub, con el fin de mantener sincronización con el equipo encargado del backend. La interfaz gráfica se diseñó con el objetivo de garantizar una experiencia moderna y coherente con los estándares de usabilidad actuales. Para la comunicación con el backend se empleó el paquete http, el cual permitió el consumo de los servicios RESTful desarrollados en Spring Boot, asegurando la correcta interacción entre el cliente y el servidor. El proceso de desarrollo siguió una metodología ágil, con revisiones periódicas para validar la comunicación con los endpoints del backend.

Para la estructuración interna del código se siguió el patrón MVC (Modelo-Vista-Controlador), lo que facilitó la organización del proyecto y la separación de responsabilidades entre la lógica de negocio y la interfaz gráfica.

Durante el desarrollo se realizaron pruebas continuas de integración utilizando Postman para asegurar que las peticiones y respuestas entre el frontend y el backend fueran correctas.

Cada funcionalidad se validó consumiendo los endpoints expuestos por el backend, incluyendo operaciones CRUD (acrónimo en informática de las palabras en inglés Create, Read, Update y Delete) para las entidades principales del sistema: actividades, usuarios y recursos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado del desarrollo del frontend fue una aplicación funcional y visualmente coherente, que permite consultar, registrar y gestionar las actividades universitarias de manera intuitiva.

La comunicación con el backend se logró de forma exitosa mediante el consumo de los servicios REST, lo cual permitió mantener la integridad de los datos y sincronizar la información en tiempo real.

El uso de Flutter demostró ser una decisión adecuada, ya que facilitó la creación de una interfaz responsiva, redujo los tiempos de desarrollo.

Además, la organización modular del código permitió que la aplicación sea escalable, dejando la posibilidad de incorporar futuras funcionalidades, como autenticación de usuarios, notificaciones o filtros avanzados de búsqueda.

En la figura 1 se muestra un esquema general del frontend desarrollado, mostrando en la parte sombreada el desarrollo frontend y su parte en la estructura del proyecto completo.

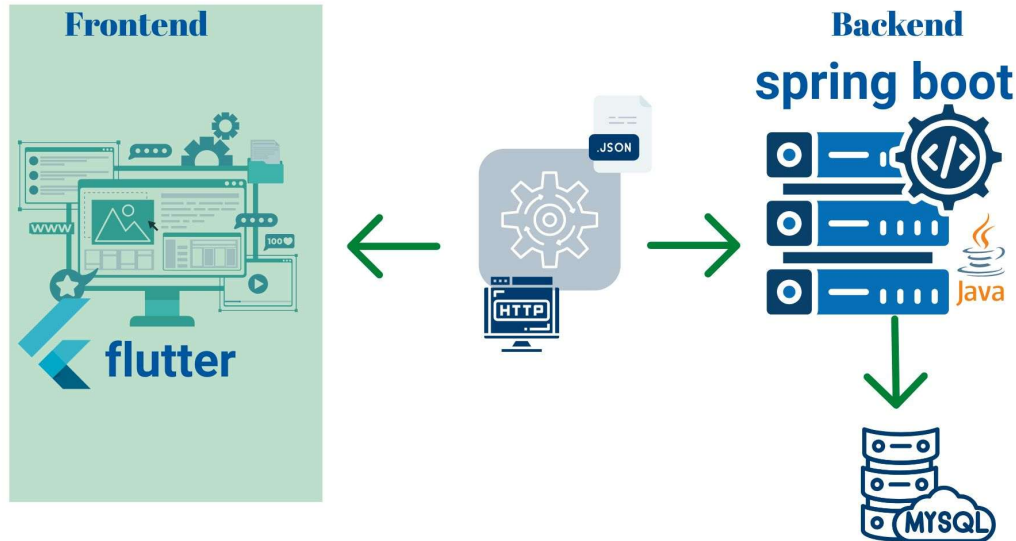


Figura 1. Estructura general del proyecto “Gestión de Actividades de la Universidad del Papaloapan”.
(Fuente: Elaboración propia, 2025).

CONCLUSIÓN

El desarrollo del frontend de la aplicación “Gestión de Actividades de la Universidad del Papaloapan” permitió consolidar una interfaz móvil moderna, intuitiva y conectada eficientemente con el backend institucional.

El uso de Flutter y Dart proporcionó una base tecnológica sólida para la creación de un sistema multiplataforma con alta calidad visual y rendimiento óptimo.

Entre los principales logros se destaca la correcta integración con los servicios REST desarrollados en Spring Boot, la organización estructurada del proyecto y la facilidad de mantenimiento del código.

Se recomienda, para futuras versiones, incluir módulos de autenticación y notificaciones.

REFERENCIAS

[1] Google. (2025). Flutter. <https://flutter.dev/>

Desarrollo e implementación de un robot hexápodo con mecanismo de Theo Jansen controlado por FPGA

Rendón Vásquez Francisco José¹, Gutiérrez Zainos Francisco^{1*}

¹Ingeniería en Mecatrónica, Universidad del Papaloapan, México.

²Instituto de Agroingeniería, Universidad del Papaloapan.

* fzainos@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El mecanismo Theo Jansen¹ consiste en un grupo de barras unidas de manera estratégica, de tal manera que el movimiento es similar al caminar de las patas de algunos animales [1]. El mecanismo simula el movimiento de la una pata como se observa en la Figura 1. Centrándose en el diseño del caminar, perfeccionó el movimiento del mecanismo para llevarlo al diseño de una máquina, la cual han evolucionado como un algoritmo evolutivo; donde el criterio principal es el rendimiento de los elementos a la tarea encomendada. Este mecanismo proporciona una forma sencilla de simular el andar de un par de patas reales controladas por un solo elemento actuador que podría ser un motor o el viento.

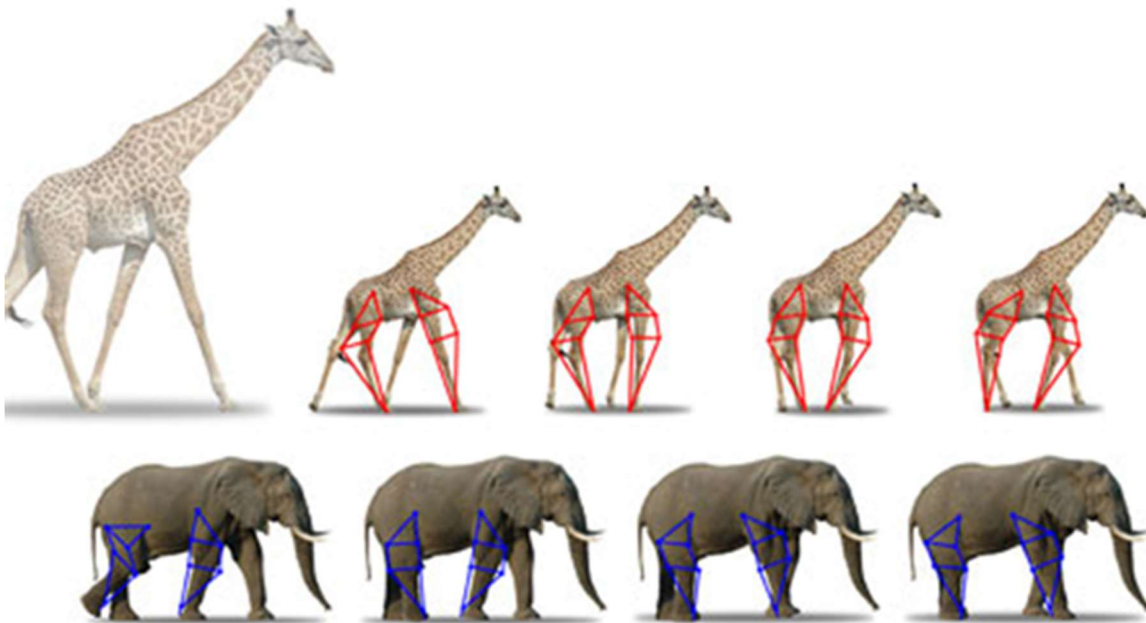


Figura 1. Mecanismo Theo Jansen simula el movimiento de las patas de un cuadrúpedo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para el desarrollo e implementación del prototipo de un robot hexápodo con mecanismo de Theo Jansen, se analizó principalmente el sistema de barras articuladas diseñado para convertir el movimiento rotacional (haciendo uso de un servomotor) en un movimiento de paso similar al de una pierna que camina. El mecanismo está formado por una estructura principal ("cuerpo" o "marco") y varias patas que se mueven coordinadamente [2]. Cada pata está compuesta por 12 barras (eslabones) unidas por articulaciones (juntas pivotantes). Se diseñó el Mecanismo de Jansen para un

Hexápodo (seis pares de patas) y se Investigó como adaptar las dimensiones y la disposición de los enlaces de Jansen para lograr una locomoción hexápoda eficiente y estable. El diseño primero se trabajó en GEOGEBRA para un par de patas y posteriormente se construyó el diseño en 3D utilizando un software especializado. (Figura 2).

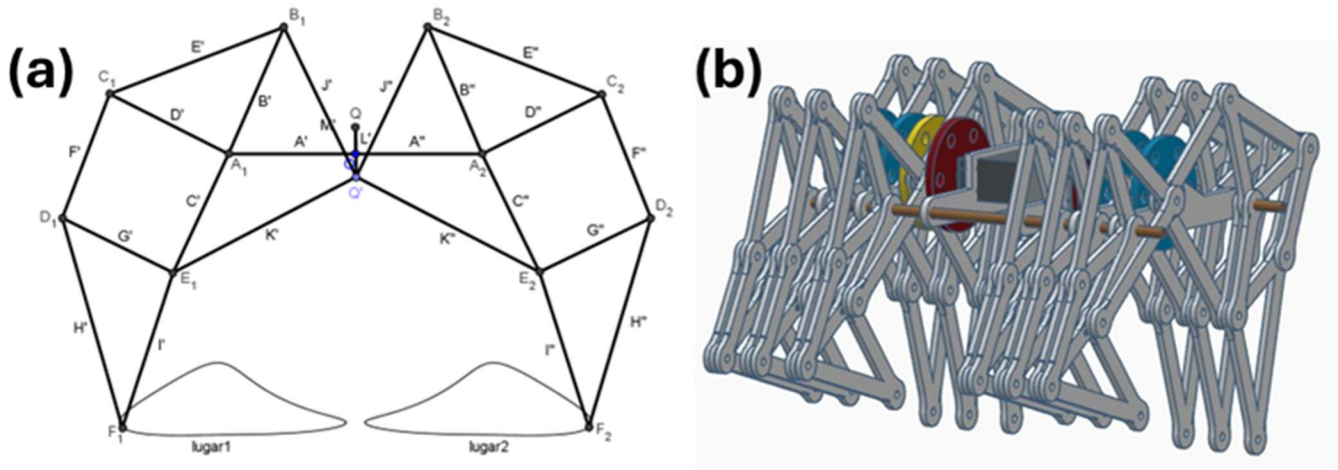


Figura 2. a) Diseño en GEOGEBRA, b) Diseño en 3D.

También se diseñaron los módulos de control utilizando lenguaje VHDL que mediante una tarjeta FPGA, hacen que un par de motores genere el movimiento del mecanismo. Se utilizaron dos Servomotores de la marca Hitec HS-755HB que ofrece hasta 13.2 kg·cm (183 oz·in) de torque y una velocidad de 0.23 segundos por 60° a su voltaje de operación máximo de 6V. Para que este conjunto de motores específicos pueda entrar en funcionamiento sincronizado, utilizaremos hardware reconfigurable en un FPGA que ofrece una gran flexibilidad y paralelismo para implementar una amplia gama de circuitos digitales y aplicaciones complejas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un robot hexápodo es un tipo de robot que se mueve usando seis patas, similar a los insectos y otros artrópodos véase la figura 1. Estos robots están diseñados para moverse en terrenos diversos, incluyendo superficies irregulares y obstáculos. El control del robot podrá ser reconfigurado para implementar diferentes estrategias o tareas mediante hardware reconfigurable. Es decir, el robot servirá como una plataforma de experimentación para hardware reconfigurable utilizando dispositivos FPGA (Field-Programmable Gate Array, matriz de compuertas programables en campo). En esta etapa del trabajo se diseñó el control de velocidad de los motores mediante el diseño de dos módulos en VHDL, un multiplexor 2 a 1 para seleccionar velocidad y un módulo PWM (modulación por ancho de pulso) como se muestra en la figura 3. Estos módulos nos permitieron y permitirán observar el desempeño de los mecanismos diseñados.

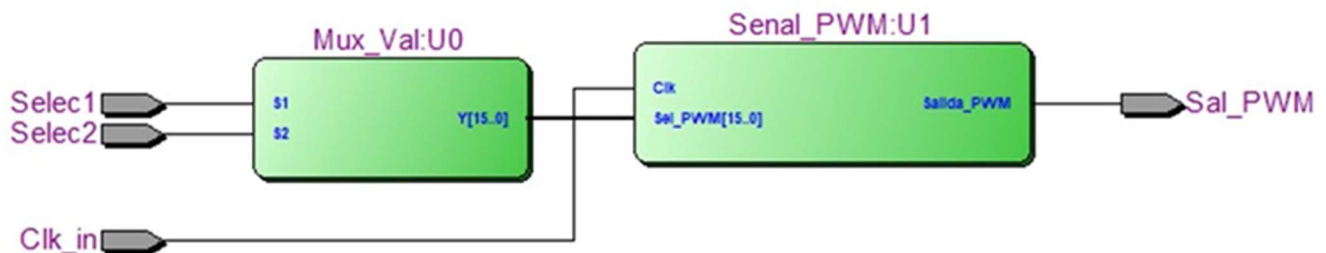


Figura 3. Diseño en VHDL de los módulos Multiplexor y PWM.

Todas las partes que componen al hexápodo fueron diseñadas en 3D utilizando programas de diseño en 3D (Tinkercad y SolidWorks). Se imprimieron con la impresora Bambu Lap X1 Carbon utilizando los filamentos ABS y PETG-CF. ABS es un plástico conocido por su alta resistencia a la temperatura y dureza. El PETG-CF es un PETG reforzado con fibra de carbono, lo que otorga mayor resistencia mecánica y rigidez a mecanismos en movimiento. La figura 4 muestra el inicio del ensamblado de las articulaciones del hexápodo y la adaptación del motor. En total serán 6 pares de patas, tres por lado del hexápodo.



Figura 4. Ensamblado de las articulaciones y motores.

CONCLUSIÓN

El diseño desarrollado en GEOGEBRA sirvió para imprimir el mecanismo en 3D, las longitudes de cada barra y articulación son críticas. Se observa que el lugar geométrico de la pata que hace contacto con el suelo cambia drásticamente con una pequeña variación de las longitudes de las barras y lo que se pretende es que la pata haga contacto directo con el piso durante el mayor tiempo posible al momento de caminar. También se observó que una señal de 1 KHz es adecuada para poder controlar el funcionamiento de los motores, esta señal nos ayuda también a controlar la velocidad del motor mediante modulación por ancho de pulso que se obtiene del diseño implementado en el FPGA. La señal PWM que se genera dependerá de la combinación en una palabra en binario. La ventaja de trabajar con FPGA's y VHDL reside en el hecho de que se pueden hacer modificaciones o adecuaciones al diseño de control incorporando módulo, para mejorar la locomoción del hexápodo.

REFERENCIAS

- [1] Nansai, S.; Elara, M.L.; Iwase, M. (2013). Dynamic Analysis and Modeling of Jansen Mechanism. *Procedia Engineering* 64 1562 – 1571.
- [2] Punde, Y.; Dhande, Y.; Chopde, A.; Bagade, S. (2020). Design and Linkage Analysis of Theo Jansen Mechanism, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)* 9 (9), 259-262.

Diseño de equipo de laboratorio con Arduino y Python

Tapia Montalvo Mariana¹, Espejo Galicia Luis Uribe^{2*}

¹Ingeniería en Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

²Centro de Investigaciones Científicas, Instituto de Biotecnología, Universidad del Papaloapan.

* email: lespejo@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto tuvo como objetivo central la integración de herramientas de ingeniería, programación y manufactura digital aplicadas al ámbito de la biotecnología, con el propósito de desarrollar competencias técnicas y analíticas que permitan diseñar, adaptar y optimizar dispositivos experimentales en el laboratorio.

Durante el desarrollo del proyecto, se llevaron a cabo actividades orientadas a la electrónica, el diseño asistido por computadora (CAD) y la programación, con el fin de profundizar en la comprensión de la interrelación entre los principios de la ingeniería y las ciencias biológicas. Asimismo, se buscó consolidar la capacidad de aplicar estos conocimientos en la creación de equipos biotecnológicos, promoviendo un enfoque interdisciplinario que favorezca la innovación tecnológica en entornos experimentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las actividades se estructuraron en tres líneas principales de trabajo, cada una enfocada en el desarrollo de habilidades específicas y en la adquisición de competencias aplicables a la biotecnología [1-6]:

1. Ensamblaje del ELEGOO Smart Robot Car

Se llevó a cabo el ensamblaje integral de un vehículo robótico inteligente basado en placas Arduino, sensores y módulos de control. Esta actividad permitió adquirir conocimientos prácticos sobre electrónica básica, integración de componentes y programación de movimientos del robot. Adicionalmente, se analizó la lógica de los sistemas automatizados y su potencial aplicación en la automatización de procesos experimentales, tales como el control de variables, la manipulación precisa de muestras y la supervisión de equipos de laboratorio.

2. Diseño y manufactura de piezas mediante impresión 3D

Se empleó la plataforma Tinkercad para el modelado digital de piezas, tanto con fines de práctica como para la fabricación de instrumentos experimentales personalizados. Entre los modelos desarrollados se incluyen morteros con pistilo, vasos de precipitado, cámaras de electroforesis y diversas piezas de soporte o ensamble para equipos de laboratorio.

Para la impresión se utilizaron materiales PLA y PETG, empleando la impresora 3D disponible en el laboratorio. Durante el proceso se realizaron múltiples ensayos para evaluar la precisión de impresión, la resistencia de los materiales y la funcionalidad de los diseños. Hacia el final del periodo, la impresora presentó una falla mecánica que impidió completar la fabricación de todos los modelos planificados. La reposición del componente no fue posible dentro del tiempo disponible, por lo que se continuó trabajando principalmente en el diseño digital de nuevas piezas, optimizando sus características para futuras impresiones.

3. Introducción a la programación en Python

De manera simultánea, se desarrollaron ejercicios en Python con el objetivo de establecer una base sólida en programación. Los programas implementados incluyeron operaciones matemáticas, cuestionarios y rutinas interactivas, orientadas a familiarizarse con la sintaxis del lenguaje y sentar las bases para futuras aplicaciones en la automatización y control de sistemas electrónicos. Esta actividad permitió comprender la relevancia de la programación como herramienta complementaria en el diseño de dispositivos biotecnológicos automatizados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La experiencia práctica con el ELEGOO Smart Robot Car permitió comprender los principios fundamentales de la electrónica y la programación aplicada, evidenciando la relación directa entre el diseño de hardware y el control lógico mediante software. La actividad demostró el potencial de estos sistemas para la automatización de tareas experimentales, incluyendo el monitoreo de variables, la manipulación precisa de equipos y la optimización de procesos en laboratorio.

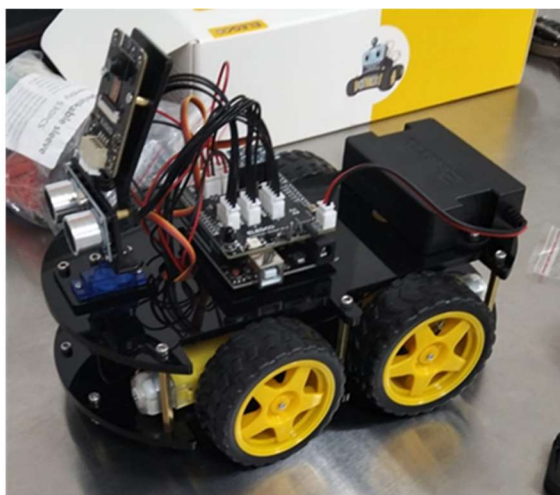


Figura 1. ELEGOO Smart Robot Car ensamblado.



Figura 2. Piezas del ELEGOO Smart Robot Car.



Figura 3. Mortero y pistilo (PLA).



Figura 4. Embudo de vacío de porcelana (derecha) y de PLA (izquierda).

En el ámbito del diseño y manufactura 3D, se consolidó un conocimiento técnico avanzado sobre el uso de plataformas CAD, la preparación de archivos para impresión y la selección de materiales plásticos adecuados según sus propiedades mecánicas. Los modelos obtenidos resultaron funcionales y resistentes, lo que evidencia la viabilidad de producir instrumentos de laboratorio personalizables y de bajo costo, adaptados a necesidades específicas de investigación. Aunque la falla de la impresora limitó la producción de algunos modelos, las pruebas realizadas permitieron evaluar las capacidades del equipo y planificar futuras estrategias de manufactura.

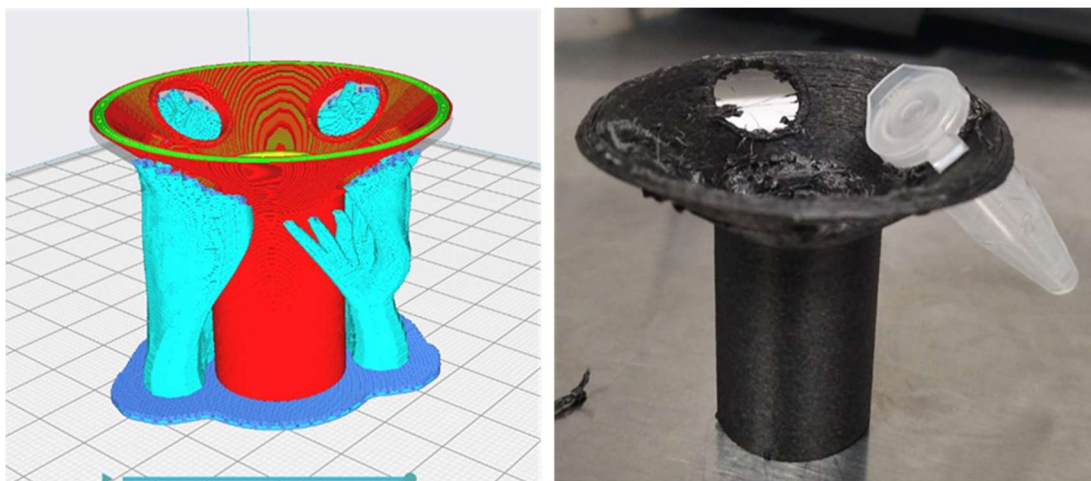


Figura 5. Vista previa de un rotor para una centrifuga (Izquierda), de PLA (derecha).

Por su parte, la práctica en Python subrayó la importancia de la programación como herramienta complementaria en la ingeniería aplicada a la biotecnología, evidenciando cómo la integración de software y hardware permite el desarrollo de dispositivos automatizados capaces de optimizar procesos experimentales y mejorar la eficiencia en el laboratorio.

CONCLUSIÓN

La presente experiencia representó una oportunidad formativa integral, permitiendo consolidar conocimientos teóricos y prácticos en áreas fundamentales para la biotecnología moderna. La integración de electrónica, diseño 3D y programación favoreció el desarrollo de un enfoque interdisciplinario en el trabajo experimental, demostrando cómo las herramientas ingenieriles pueden aplicarse en la creación y mejora de equipos de laboratorio.

A pesar de las limitaciones técnicas enfrentadas, los avances obtenidos fueron significativos y constituyen una base sólida para el desarrollo de futuros proyectos. La estancia fortaleció habilidades técnicas, promovió la resolución de problemas y resaltó la importancia de la innovación tecnológica como motor de eficiencia y creatividad en la investigación biotecnológica.

REFERENCIAS

- [1] Horvath, J. (2014). *Mastering 3D printing* (ed. ilustrada). Apress.
- [2] Gokhare, V.G.; Raut, D.N.; Shinde, D.K. (2017). A review paper on 3D-printing aspects and various processes used in the 3D-printing. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 6(6). <http://www.ijert.org>
- [3] Ford, S.; Minshall, T. (2019). Where and how 3D printing is used in teaching and education. <https://doi.org/10.17863/CAM.35360>
- [4] Lin, Z.; Luan, C.; Wang, Z.; Ma, C. (2022). Experimental teaching of 3D printing computer-aided manufacturing with Python. *Experiment Science and Technology* 20 (4), 96–101. <https://doi.org/10.12179/1672-4550.20210537>
- [5] Nandi, C.; Caspi, A.; Grossman, D.; Tatlock, Z. (2017). *Programming language tools and techniques for 3D printing*. In A. Author & B. Author (Eds.), *2nd Summit on Advances in Programming Languages (SNAPL 2017)* (Leibniz International Proceedings in Informatics 71, 10:1–12. <https://doi.org/10.4230/LIPIcs.SNAPL.2017.10>
- [6] Greenhalgh, S. (2016). The effects of 3D printing in design thinking and design education. *Journal of Engineering, Design and Technology* 14 (4), 752–769. <https://doi.org/10.1108/JEDT-02-2014-0005>

Formulación inteligente de procesos alimentarios

**Yescas Velasco Dylan Jonam¹, Páramo Calderón Delia Esther², Aparicio Saguilán Alejandro²,
Carrillo Ahumada Jesús^{2*}**

¹Ingeniería en Alimentos, Universidad del Papaloapan.

²Ingeniería en Alimentos, Universidad del Papaloapan, Circuito Central 200 Parque Industrial, Tuxtepec 68301, Oaxaca, México.

* email: jcarrillo@unpa.edu.mx

INTRODUCCIÓN

La ingeniería en alimentos es un campo multidisciplinario de las ciencias físicas aplicadas, combinado con el conocimiento de las propiedades de los productos. Los ingenieros en alimentos proporcionan la transferencia de conocimientos tecnológicos esenciales para la producción y comercialización rentable de productos y servicios alimentarios. El control automático ha desempeñado un papel vital en el avance de la ingeniería y la ciencia, se ha convertido en una parte importante e integral en los sistemas de vehículos espaciales, en los sistemas robóticos, en los procesos modernos de fabricación y en cualquier operación industrial que requiera el control de temperatura, presión, humedad, flujo, etc. Es deseable que la mayoría de los ingenieros y científicos estén familiarizados con la teoría y la práctica del control automático [1]. Específicamente, para el diseño de equipos, como lo son procesos de secado, es importante, considerar el diseño mecánico, dimensiones, aislantes, dispositivos térmicos, así como el control automático que permite alcanzar temperaturas controladas que no afecten en la calidad nutricional del alimento a secar. Este verano de investigación, consideró como sistema de estudio un secador híbrido con colector solar, celda Peltier y automatizado con un controlador PI. Previamente, este prototipo de objeto funcional ganó el primer lugar en la batalla de ingenieros 2025 (Figura 1). El objetivo de este verano de investigación fue proponer de manera teórica basado en simulación numérica en el software Matlab® diferentes tipos de secadores considerando los materiales de construcción y aislante, dimensiones, energía eléctrica para el funcionamiento (celda Peltier) y costo de construcción; y evaluar el desempeño de este tipo de sistemas con diferentes controladores. Se observó que variando el material de construcción y la cantidad de unidades de celdas Peltier instaladas, el calor generado era el mismo en todos los casos al igual que el gasto de energía, únicamente cambiando el costo de construcción. Debido a ese resultado, se obtuvo que el mejor material en este caso es el metal. Para los resultados obtenidos se utilizaron las siguientes ecuaciones [2]:

$$Q_{evp} = m_{agua} L_v \quad (1) \quad R_{total} = \frac{L_1}{K_1 A} + \frac{L_2}{K_2 A} \quad (2) \quad q = \frac{\Delta T}{R_{total}} \quad (3) \quad P_{electrica} = V * I \quad (4) \quad Q_{peltier} = n_{termica} P_{electrica} \quad (5)$$

$$(6) \quad Q_{solar} = G * A_{vidrio} * \tau * \alpha * t \quad (7) \quad Q_{total} = Q_{peltier} + Q_{solar} \quad (8) \quad Costo \ de \ construccion = A * Costo_{material} + Costo_{celda \ peltier}$$

$$(9) \quad Costo \ de \ energia = P_{peltier} * Costo_{wat}$$

En Ecuacion 1, Q_{evp} es energía total requerida para evaporar el agua (Joules o KJ); m_{agua} es la masa de agua a eliminar (Kg). L_v es el calor latente de vaporización del agua (2260 kJ/kg a 100°C). En Ecuacion 2, R_{total} es la resistencia térmica total (K/W); L_1 es el espesor de la capa de metal (externa); L_2 es el espesor de la capa del aislante (interna); K_1 es la conductividad térmica del metal ($\frac{W}{m \cdot K}$); K_2 es la conductividad térmica del aislante ($\frac{W}{m \cdot K}$); A es el área total (m^2). En Ecuacion 3, q el calor generado en el sistema; ΔT es la de diferencia entre $T_{in} - T_{amb}$ (°C). En Ecuacion 4, $P_{electrica}$ es la potencia eléctrica utilizada, donde I es la corriente (5A) y V es el voltaje (12 V). En Ecuacion 5, $Q_{peltier}$ es la potencia útil que entrega la celda peltier; $n_{termica}$ es la eficiencia térmica estimada (0.6 con disipador). En Ecuacion 6, Q_{solar} es el calor generado en el gabinete solar (kJ); G es la irradiación solar promedio (600W/m²); t es el tiempo de exposición

solar (s); τ es la transmitancia del vidrio (0.85); α es la Absorción interna (pintura negra, alimento con un valor de 0.9). En Ecuación 7, Q_{total} es la cantidad de energía térmica que el sistema puede entregar (J).



Figura 1. Kit Peltier.



Figura 2. Deshidratador.



Figura 3. Primer gabinete.

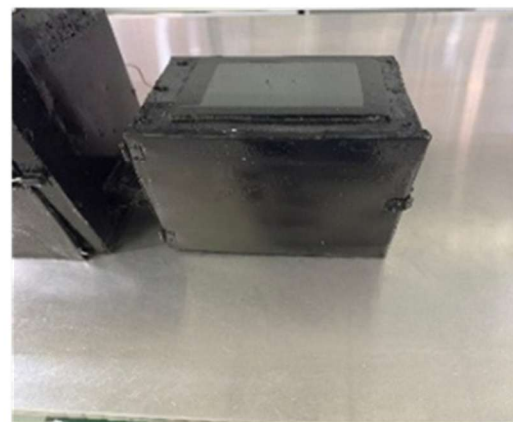


Figura 4. Conector solar.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este verano de investigación utilizó como base el prototipo de objeto funcional (Figura 2) que ganó el primer lugar en la batalla de ingenieros 2025. El prototipo consiste en: dos gabinetes unidos por un conducto, el primer gabinete (Figura 3); gabinete consta de 6 caras rectangulares, cuyas áreas fueron: $A_1 = 0.075625 m^2$, $A_2 = 0.083475 m^2$, $A_3 = 0.085505 m^2$, $A_4 = 0.075625 m^2$, $A_5 = 0.084105 m^2$, $A_6 = 0.083475 m^2$. En la parte eléctrica, se instaló una sola celda Peltier debido a que se busca alcanzar una temperatura no mayor a $50^\circ C$, junto con su kit de disipación que consiste en dos disipadores, dos ventiladores, una parrilla, un aislador, y un separador (Figura 1), en el área de control tiene una pantalla LCD, y sus respectivos sensores y conectores, al igual que en la parte superior izquierda se encuentra un conducto de salida este con el propósito de que el calor evaporado tenga una salida y no quede almacenado dentro del gabinete. Por otro lado, en el segundo gabinete se encuentra el conector solar (Figura 4), donde solo se instaló un panel de vidrio con un área de $0.04368 m^2$ en la parte superior de dicho gabinete. Se eligió acero del tipo inoxidable debido a que tiene una baja conductividad térmica y su bajo costo. También se instaló una fuente de energía esta debe de tener dos cables conectores para la celda Peltier y el kit.

Como metodología de este trabajo de investigación es: 1) proponer diferentes variables operativas como materiales de construcción, del gabinete y aislante; dimensiones y los intervalos de calor generado de energía eléctrica. 2) Simulación numérica de las ecuaciones que rigen a este sistema de estudio considerando diferentes intervalos de las variables

operativas. 3) Evaluar diferentes tipos de materiales de construcción en base al costo de construcción, calor generado y costo de energía. 4) Seleccionar el material de construcción que tuviera menor costo y generara el mismo calor que los demás materiales. 5) Calcular con el material de construcción seleccionado en el punto anterior, el calor generado por el incremento de las celdas Peltier variando los materiales de aislantes y 6) Controlar la temperatura de secado del sistema de estudio mediante diferentes desempeños y evaluar su rendimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mediante el análisis de los cálculos realizados para el rendimiento de los diferentes materiales y aislantes, se obtuvo que todos los materiales generan la misma cantidad de calor y consumen la misma energía, lo que los diferencia es el costo de construcción, donde el material más costoso es el cobre, y el más económico el metal, mientras el hierro y el aluminio son materiales de costo moderado (ecuación 7). Al igual que se demostró que el costo de energía es igual para todos los materiales (ecuación 8). Debido a estos resultados, se decidió que el mejor material es el metal debido a su bajo costo y alto rendimiento.

Tabla 1. Resultados de los cálculos.

Material	$Q_{total} (J)$	Costo de construcción (\$)	Costo de energía (\$)
Metal	224.19648	223.3905	43.2
Hierro	224.19648	394.124	43.2
Aluminio	224.19648	277.07545	43.2
Cobre	224.19648	388.29613	43.2

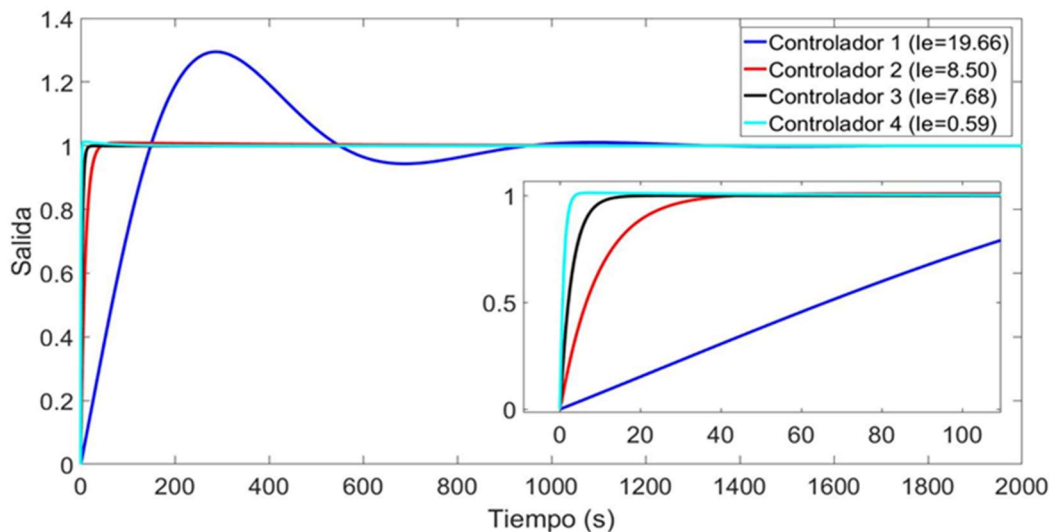


Figura 5. Gráfico comparativo de las cuatro propuestas de control.

Por otro lado, para el análisis del sistema con control automático se tomaron en cuenta los siguientes parámetros para los controles: controlador 1: $K_{p1} = 2.316$, $K_{i1} = 0.02421$; controlador 2: $K_{p2} = 32.35$, $K_{i2} = 0.05997$; controlador 3: $K_{p3} = 102.9$, $K_{i3} = 0.05996$; controlador 4: $K_{p4} = 353.5$, $K_{i4} = 5$. Basado en la propuesta de Ángeles-Sánchez [3] que ofrece una serie de ecuaciones y metodología para el control. La evaluación de cada controlador fue mediante un índice I_e ,

que es la sumatoria del cuadrado del error (setpoint-variable de salida). El análisis de los resultados obtenidos mediante los cálculos de simulación realizadas en Simulink® permitió observar de manera directa el comportamiento respecto al tiempo, en este proceso se realizaron varias pruebas con diferentes intervalos de tiempo, hasta que se obtuvieron tres respuestas donde se muestra que el comportamiento es estable lo que lo vuelve funcional y controlable.

CONCLUSIÓN

En la parte del diseño del secador híbrido con celda Peltier, se demostró que no influye de manera significativa el tipo de material del que este hecho el gabinete o el tipo de aislante que lo cubre, sino lo que realmente influye es la potencia real que puede llegar a tener la celda para generar calor, demostrando que su comportamiento es estable, con esta premisa se pueden realizar más diseños de deshidratadores que sean funcionales. Por otro lado, el control automático de este tipo de sistemas sirve para regular de manera eficiente la temperatura del secador. Se propusieron cuatro tipos de controladores que repercuten directamente en la eficiencia del secador. La elección del tipo de control dependerá de las preferencias del experimentador. Como trabajo futuro se recomienda realizar prototipos utilizando la presente metodología.

REFERENCIAS

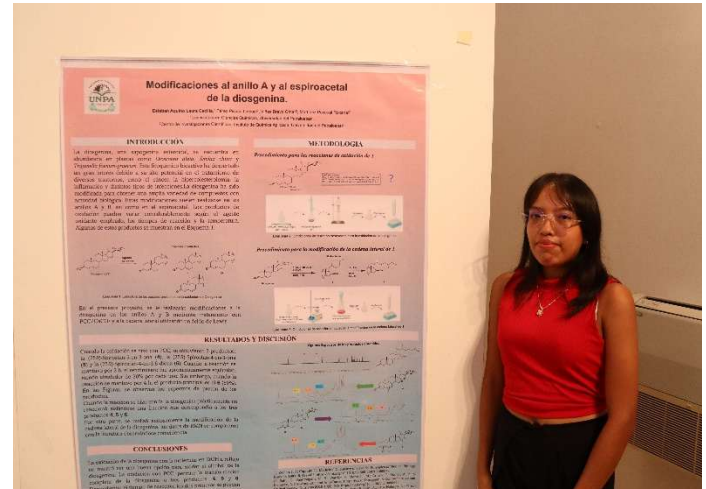
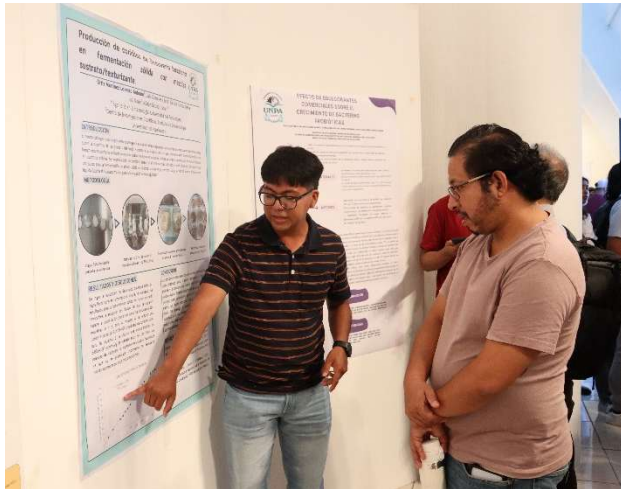
- [1] Ogata, K. (2003). Ingeniería de control moderna. Pearson educación.
- [2] Bird, R.B.; Stewart, W.E.; Lightfoot, E.N. (2020). Fenómenos de transporte. Reverté.
- [3] Ángeles-Sánchez, L.E.; Núñez-Gaona, O.; Nolasco-Hipólito, C.; García-Gómez, M.J.; Reynoso-Meza, G.; Carrillo-Ahumada, J. (2025). Stability and robustness evaluation of stable FOPTD systems with PI controllers tuned to different rules. Tecnología y Ciencia Aplicada 8 (1) 269-274.

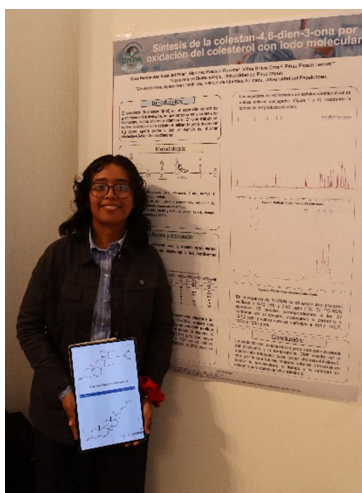
Memoria fotográfica



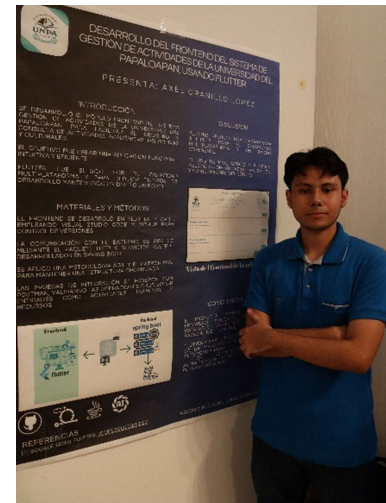
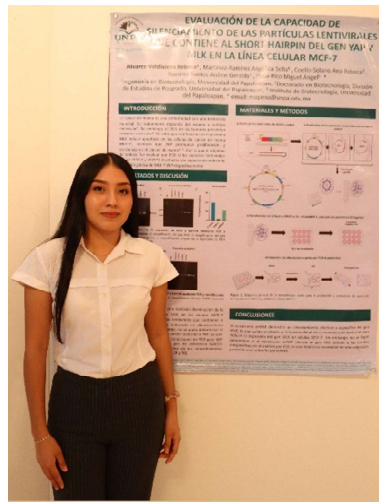
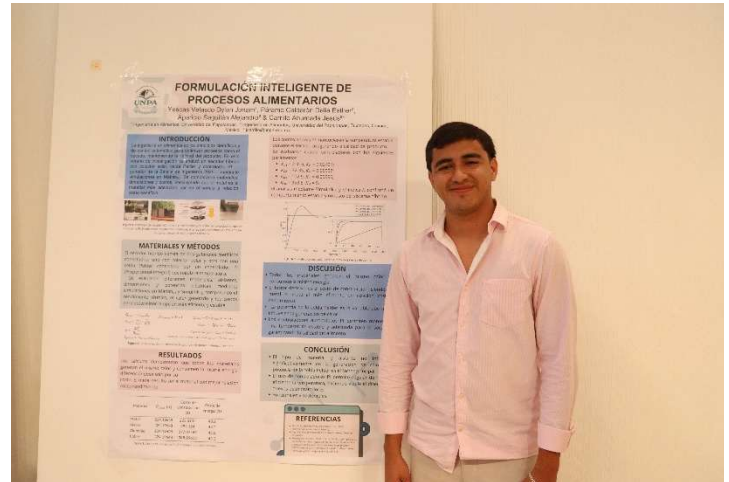
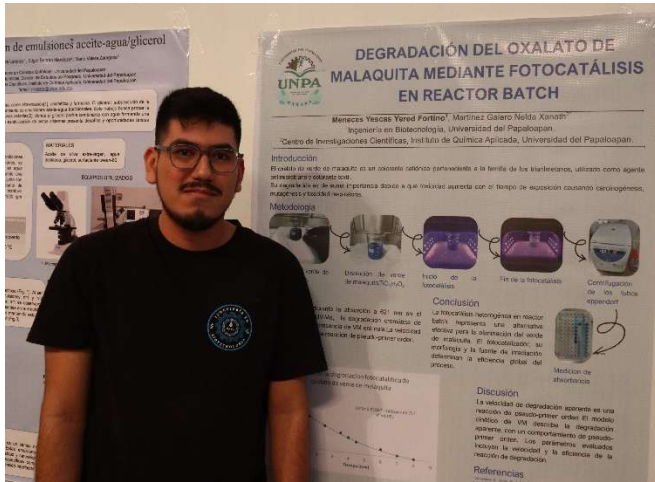
MEMORIAS COLOQUIO DEL VERANO CIENTÍFICO UNPA 2025

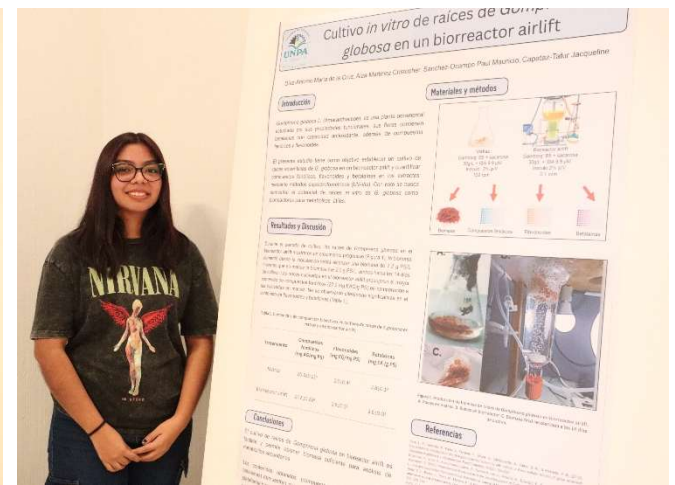
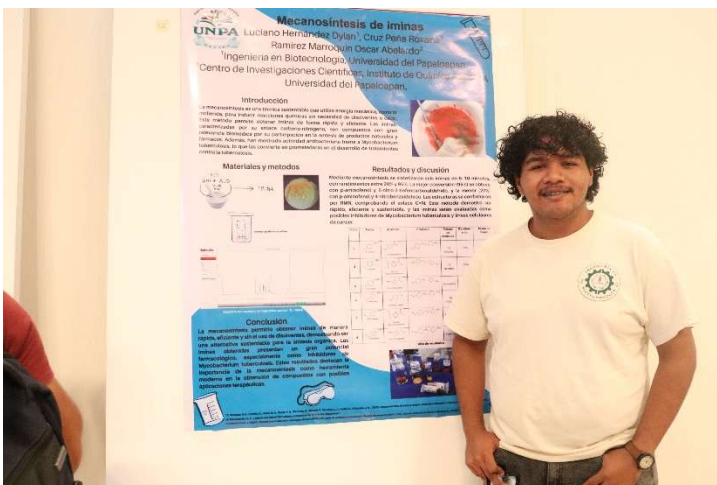






MEMORIAS COLOQUIO DEL VERANO CIENTÍFICO UNPA 2025







MEMORIAS COLOQUIO DEL VERANO CIENTÍFICO UNPA 2025



MEMORIAS
COLOQUIO DEL

VERANO CIENTÍFICO 2025

ISBN: 978-607-26911-1-7

