

# SCIENTIA

ISSN: en trámite

# AGRICOLIS VITA

Revista de Investigación Científica de la Facultad de Agronomía - UANL



Volumen 02  
Número 01  
Enero - Junio  
2025



Una publicación de la Universidad Autónoma de Nuevo León

**Dr. Santos Guzmán López**

Rector

**MC. Carlos Alberto Hernández Martínez**

Director de la Facultad de Agronomía

**MC. Jesús Andrés Pedroza Flores**

Subdirector Académico

**Dra. Juanita Guadalupe Gutiérrez Soto**

Subdirectora de Posgrado e Investigación

**Dr. Segio Eduardo Bernal García**

Subdirector Administrativo

**M.C. Nora Estela García Treviño**

Subdirectora de Vinculación y Servicio Social

**M.C. Eduardo García Zambrabo**

Subdirector de Planeación y Mejora Continua

**Editora en jefe:** Dra. Guadalupe Gutiérrez Soto.

**Editor de contenido temático:**

Ciencias Agrícolas: Dr. Iosvany López Sandín.

Ciencia Animal: Dr. Hugo Bernal Barragán / Dr. Uziel Castillo Velázquez.

Ciencias de los Alimentos: Dra. Nohemí Del Carmen Reyes Vázquez.

Biosistemas: Dr. Celestino García Gómez / Dr. Juan Francisco Villareal Chiu.

**Diseño:** M.A. Blanca Idolisa Contreras Cantú.

*Scientia Agricolis Vita*, Vol. 2 Núm. 1 (2025): Enero - Junio 2025, Revista de Investigación Científica de la Facultad de Agronomía de la UANL es una publicación semestral, editada la por Universidad Autónoma de Nuevo León, a través de la Facultad de Agronomía. Editora en jefe: Dra. Guadalupe Gutiérrez Soto. Domicilio de la publicación: Francisco Villa s/n, Ex Hacienda "El Canadá", Cd. General Escobedo, Nuevo León, México, C.P. 66050. Teléfono: 81 1340 4399. Responsable de esta edición: Dra. Guadalupe Gutiérrez Soto. Reserva de derechos al uso exclusivo: 04-2024-032213543600-102. eISSN: en trámite. Fecha de última modificación: 2025-01-31.

Las opiniones y contenidos expresados en los artículos son responsabilidad exclusiva de los autores.

Prohibida su reproducción total o parcial, en cualquier forma o medio, del contenido editorial de este número.

Publicado en México.

Todos los derechos reservados.

## PRESENTACIÓN

Con gran entusiasmo, presentamos el primer número del segundo volumen de *Scientia Agricolis Vita*, una revista comprometida con la difusión del conocimiento científico y tecnológico en las áreas de ciencias agroalimentarias, ambientales, educativas y biotecnológicas. Este número reúne investigaciones que abordan problemáticas relevantes y de gran impacto para la comunidad académica y productiva.

Entre los trabajos publicados, destaca la "Evaluación de híbridos tropicales y subtropicales de maíz en un clima de transición", un estudio que aporta información valiosa para el mejoramiento genético y la adaptación de cultivos estratégicos frente a escenarios de cambio climático. Asimismo, se incluye el artículo "La importancia de las herramientas físicas y matemáticas en la enseñanza de la ingeniería eléctrica dentro de la Licenciatura en Ingeniería en Industrias Alimentarias", que subraya la necesidad de fortalecer las bases teóricas para una formación profesional integral. De igual manera, se presenta la "Evaluación de la eficiencia de coagulantes naturales en el tratamiento de aguas grises provenientes del lavado doméstico", investigación que promueve alternativas sostenibles para el manejo y aprovechamiento de los recursos hídricos.

Además de estos temas, esta edición integra otros artículos que enriquecen la discusión científica en áreas de innovación tecnológica, educación superior y gestión ambiental, reafirmando nuestro compromiso con la calidad académica, la pertinencia social y la interdisciplinariedad del conocimiento.

Agradecemos profundamente a los autores por confiar en *Scientia Agricolis Vita* como plataforma para la difusión de sus resultados, así como a los revisores, cuyo riguroso trabajo de evaluación garantiza la calidad de los contenidos. Invitamos a toda la comunidad académica y profesional a explorar los artículos de este número, seguros de que encontrarán en ellos aportaciones significativas para su formación, investigación y ejercicio profesional.

Dra. Guadalupe Gutiérrez Soto  
Editora en Jefe

## CONTENIDO

<b>Evaluación de híbridos tropicales y subtropicales de maíz en un clima de transición</b> Francisco Javier Sandoval-Hernández <sup>1</sup> , Guadalupe Osorio-Bautista <sup>2</sup> , José Manuel Gutiérrez-Campos <sup>1</sup> , y Rafael Julio Macedo-Barragán <sup>1*</sup> .....	5
<b>La Importancia de las Herramientas Físicas y Matemáticas en la Enseñanza de la Ingeniería Eléctrica dentro de la Licenciatura en Ingeniería en Industrias Alimentarias</b> Miranda Abigail Ortiz <sup>1*</sup> .....	12
<b>Evaluación de la eficiencia de coagulantes naturales en el trata-miento de aguas grises provenientes del lavado doméstico</b> Azalia Guadalupe Cortés-Luna <sup>1</sup> , Héctor Flores-Breceda <sup>1*</sup> , Juan Antonio Vidales-Contreras <sup>1</sup> , Julia Mariana Marquez-Reyes <sup>1</sup> , Anahí del Carmen Esquivias-Fierro <sup>1</sup> , Celestino Gómez-García <sup>1</sup> .....	38
<b>Calidad de fruto y rendimiento de chile habanero Chocolate (<i>Capsicum chinense</i> Jacq.) en dos sistemas de cultivo</b> Wilberth Chan-Cupul, Adriana Juárez-Cuevas, José Manuel Gutiérrez-Campos, y Rafael Julio Macedo-Barragán	45
<b>Evaluación de la actividad antimicrobiana de <i>Olea europaea</i> (Olivo) contra la bacteria cariogénica <i>Streptococcus mutans</i></b> Marcela A. Gloria-Garza <sup>1*</sup> , Ramiro Quintanilla-Licea <sup>2</sup> , Aldo F. Bazaldúa-Rodríguez <sup>2</sup> , Guadalupe Gutiérrez-Soto <sup>3</sup> , Carlos J. Castillo-Zacarías <sup>4</sup> , Joel H. Elizondo-Luevano <sup>3</sup> .....	50

Artículo

# Evaluación de híbridos tropicales y subtropicales de maíz en un clima de transición

## Evaluation of tropical and subtropical maize hybrids in a transitional climate

Francisco Javier Sandoval-Hernández<sup>1</sup>, Guadalupe Osorio-Bautista<sup>2</sup>, José Manuel Gutiérrez-Campos<sup>1</sup>, y Rafael Julio Macedo-Barragán<sup>1\*</sup>

1 Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Km. 40 Autopista Colima-Manzanillo, Tecomán, Colima, C.P. 28100, México. fsandoval2@uacol.mx; jgutierrez80@uacol.mx, <https://orcid.org/0009-0007-9315-295X>; macedo@uacol.mx, <https://orcid.org/0000-0002-9742-7857>

2 Semillas Híbridas Zarco, Francisco Márquez 226, Villas de San José, Villa de Álvarez, Colima, C.P. 28950, México. agrosorio@yahoo.com.mx

\* Correspondencia: macedo@uacol.mx

**Resumen:** El municipio de Tonila, Jalisco, México se ubica en una zona de transición entre los climas cálido subhúmedo, templado semicálido subhúmedo y templado húmedo, y los productores se encuentran en una búsqueda constante de maíces híbridos con mayor producción de grano. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el comportamiento productivo de cuatro híbridos comerciales de maíz bajo las condiciones climáticas de Tonila, Jalisco, México. Los híbridos subtropicales Don Pepe, ZR-22 y Titanio, y el híbrido tropical Río Blanco 16 fueron sembrados bajo condiciones de temporal a una densidad de 85 000 plantas ha<sup>-1</sup>, bajo un diseño experimental completamente al azar, con 10 repeticiones. Se midieron características agronómicas, de la mazorca y componentes de rendimiento. El híbrido subtropical ZR-22 destacó por ser más precoz y mostrar la mayor longitud de mazorca, número de granos por hilera y por mazorca y peso y rendimiento de grano.

**Palabras clave:** Adaptación; características agronómicas; características de la mazorca; componentes de rendimiento; rendimiento de grano.

**Abstract:** The municipality of Tonila, Jalisco, Mexico is in a transition zone among warm subhumid, temperate semi-warm subhumid and temperate humid climates, hence producers are in a constant search for maize hybrids to increase grain production. For the above, this study aimed to evaluate the productive performance of four commercial corn hybrids under the climatic conditions of Tonila, Jalisco, Mexico. The subtropical hybrids Don Pepe, ZR-22 and Titanio and the tropical hybrid Río Blanco 16 were planted under rainfed conditions at a density of 85 000 plants ha<sup>-1</sup>, under a completely randomized experimental design, with 10 replicates. Agronomic and cob characteristics and yield components were measured. The subtropical hybrid ZR-22 stood out for being earlier and showing the greatest cob length, number of grains per row and per cob, and grain weight and yield.

**Keywords:** Adaptation; agronomic characteristics; cob characteristics; yield components; grain yield.

### 1. Introducción

La Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) reconoce 64 razas de maíz colectadas en México de las cuales, 59 se consideran nativas y cinco fueron descritas en otros países (Kato *et al.*, 2009). Estas variedades nativas pasaron por un proceso de cruzamientos y dieron origen a las razas modernas que son la base de los híbridos actuales (Márquez-Sánchez, 2008).

Pese a que México se considera el centro de origen, domesticación y diversificación del maíz y que cuenta con numerosas razas nativas, solo pocas han sido utilizadas en los programas de mejoramiento genético debido a que la mayoría, no cuentan con buena adaptación y estabilidad a diferentes condiciones climáticas (Kato *et al.*, 2009). El germoplasma de maíz exótico tropical y subtropical ha sido utilizado en cruzamientos con maíces de zonas templadas para aportar genes que les confieran resistencias a plagas, enfermedades y a fuentes de estrés ambiental como la sequía

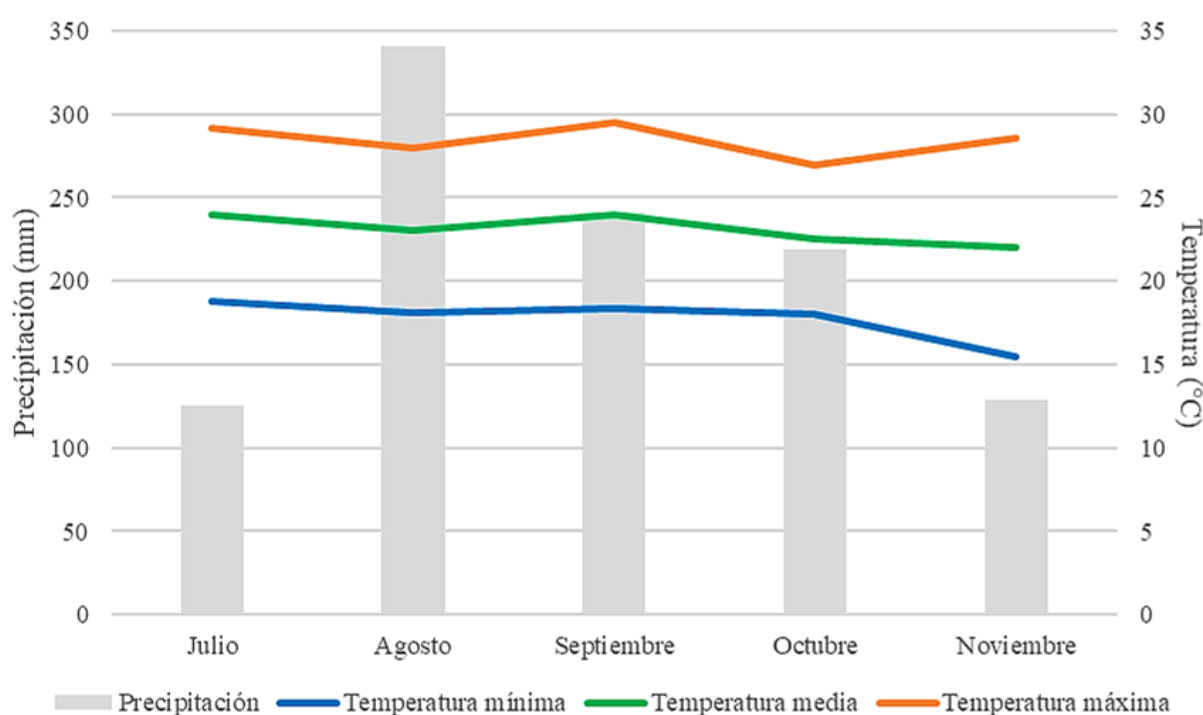
(Vázquez-Pozos *et al.*, 2020) y también se ha utilizado de manera *per se*, como variedades alternas y complementarias a los maíces locales para contribuir a su diversidad en la zona agrícola templada (Goodman y Carson, 2000). La mayor parte de los estudios realizados, se han enfocado en evaluar la adaptación de germoplasmas locales de maíces tropicales y subtropicales a condiciones de valles altos por medio de selección masal y sus resultados, han demostrado que genotipos como Tuxpeño Crema 1, Tuxpeño V-520C, entre otros, han mostrado características similares o superiores a las variedades adaptadas al clima templado (Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010, Pérez *et al.*, 2000, López-Morales *et al.*, 2020, Santiago-López *et al.*, 2020).

Por otra parte, en México se cultiva maíz para grano en los 32 estados que lo conforman, de los cuales, Jalisco ocupa la tercera y segunda posición en superficie sembrada y producción cosechada, con 567 929.44 ha y 3 984 289 t respectivamente, con un rendimiento promedio de 7.020 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2024a). De los 125 municipios que integran el estado de Jalisco, Tonila se ubica en el lugar 77 en producción de grano de maíz, con una producción de 1 978 t y rendimiento de 5 794 t ha<sup>-1</sup>, esto es 1 226 t por debajo del promedio del estado (SIAP, 2024b). Este municipio se ubica en una zona de transición entre los climas cálido subhúmedo, templado semicálido subhúmedo y templado húmedo (INEGI, 2024a), por lo que existe una búsqueda constante de los productores de maíces híbridos comerciales, de materiales que sean productivos y que ofrezcan rendimiento de grano altos bajo las condiciones agroambientales de la zona. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue evaluar el comportamiento productivo de cuatro híbridos comerciales de maíz bajo las condiciones climáticas de Tonila, Jalisco, México.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1 Lugar de experimentación

El presente trabajo se realizó en una parcela experimental localizada en el municipio de Tonila, Jalisco, México (19° 24' 56" N y 103° 33' 24" O, 1252 msnm) del ciclo primavera-verano 2023. El sitio experimental se encuentra en una zona de transición entre los climas cálido subhúmedo, templado semicálido subhúmedo y templado húmedo (INEGI, 2024a). La precipitación acumulada durante el periodo de realización del estudio fue de 1054.43 mm y las temperaturas máximas y mínimas promedio fluctuaron entre los 29.5 y 15.5 °C (Figura 1). El suelo de la parcela experimental es un Cambisol (INEGI, 2024b) con una textura franco-arenosa, densidad aparente de 1.28 g cm<sup>-3</sup>, punto de saturación de 35.50 %, capacidad de campo de 19.29 % y punto de marchitez permanente de 11.47 %, cuyas características químicas se muestran en el Cuadro 1.



**Figura 1.** Precipitación pluvial, temperatura media y temperaturas máximas y mínimas promedio registradas durante el periodo de realización del estudio (julio-noviembre de 2023).

**Cuadro 1.** Características químicas del suelo de la parcela experimental.

pH	CE	CIC	MO	N	P	K	Ca	Mg	Na
	dS m <sup>-1</sup>	cmol (+) kg <sup>-1</sup>	%	%			ppm		
6.10	0.21	0.08	2.02	0.19	18.47	3.70	3.42	2.34	8.76

CE= Conductividad eléctrica en el extracto de saturación; CIC= Capacidad de intercambio catiónico; MO= Materia orgánica.

## 2.2 Híbridos comerciales y manejo agronómico

Se utilizaron tres híbridos subtropicales (Don Pepe, ZR-22 y Titanio) y un híbrido tropical (Río Blanco 16) de maíz para grano, todos de ciclo intermedio, desarrollados por la compañía Semillas Híbridas Zarco SPR de RL. El suelo se preparó con un paso de arado, dos pasos de rastra y surcado a 0.80 m. La siembra se efectuó de forma manual con coa en la parte inferior del surco, depositando dos semillas por golpe a una profundidad de 5 cm y una vez emergidas las plantas, se realizó un aclareo y se dejó sólo una por cavidad. Se sembró a una hilera, con una separación de 16.67 cm entre plantas, con una densidad de 6 plantas por metro lineal, con lo que se obtuvo una densidad de población de 75 000 plantas ha<sup>-1</sup>. El cultivo se desarrolló bajo condiciones de temporal.

La dosis de fertilización empleada fue 296-23-00 por ha y se aplicó en tres momentos. A la siembra se aplicaron 150 kg de sulfato de amonio y 50 kg de fosfato diamónico; y posteriormente, se aplicaron 250 kg de sulfato de amonio y 500 kg de urea a los 35 y 65 días después de la emergencia de las plantas. El control de gusano cogollero se efectuó cuando de observó 20 % de daño en las plantas (McGrath *et al.*, 2021); para esto, se aplicaron 250 mL ha<sup>-1</sup> de Cipermetrina al 21.40 %, seguida de dos aplicaciones de Clorpirifos etil al 5 % granulada, a una dosis de 20 kg ha<sup>-1</sup>, a los 35, 60 y 80 días después de la emergencia, respectivamente. A los 100 días post emergencia se realizó una aplicación final de Cipermetrina con la misma dosis arriba mencionada. El control de malezas se realizó después de la emergencia de la planta, con la aplicación de 1.5 kg ha<sup>-1</sup> de Topramezone al 29.73 %, cuando las malezas presentaron de 1 a 3 hojas. Posteriormente, se aplicó 1.5 L ha<sup>-1</sup> de Glufosinato de amonio al 15 %.

## 2.3 Variables de respuesta

Las variables medidas fueron: altura de la planta, distancia desde la superficie del suelo al punto superior de la espiga; altura a la inserción de la mazorca, distancia desde la superficie del suelo al nudo de inserción de la mazorca principal; días a floración femenina, días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas mostraron estigmas receptivos; días a floración masculina, días transcurridos desde la siembra hasta que el 50% de las plantas liberaron polen.

Además, se evaluó: longitud de la mazorca, distancia desde la base hasta la parte apical; número de hileras de la mazorca (NHM); número de granos por hilera (NGH), número total de granos de tres hileras seleccionadas al azar; número granos por mazorca (NGM), con la fórmula  $NGM = NHM * NGH$  (Borroel-García *et al.*, 2018), peso de la mazorca; peso de 100 granos y rendimiento de grano por hectárea con base al rendimiento de grano de 10 metros lineales ajustado al 12% de humedad. El peso de las semillas y las mazorcas se midió con una báscula Truper® Base 5-EP con una precisión de 1 g.

## 2.4 Diseño experimental y análisis de datos

Los tratamientos se distribuyeron bajo un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos (híbridos) y 10 repeticiones. La parcela experimental constó de 4 surcos de 5 metros de longitud, con una separación entre surcos de 0.80 m (16 m<sup>2</sup>). Como parcela útil se tomaron solo los dos surcos centrales (6.4 m<sup>2</sup>) y no se consideró un metro de cada extremo, para eliminar el efecto de orilla. La información se sometió a un análisis de varianza (ANOVA) y a una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ( $p < 0.05$ ) utilizando el paquete estadístico SPSS 25.0 (IBM, Chicago, IL, USA).

### 3. Resultados y discusión

El híbrido tropical Río Blanco 16 mostró la menor altura de planta y a la inserción de la mazorca, en comparación a la obtenida por los tres híbridos subtropicales entre los cuales, Don Pepe tuvo las plantas de mayor altura. Con relación a los días a inicio de floración masculina y femenina, Río Blanco 16 fue el más tardío y ZR-22 el más precoz respectivamente (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Características agronómicas de cuatro híbridos de maíz en Tonila, Jalisco, México.

Híbrido	Altura de la planta (cm)	Altura a inserción de la mazorca (cm)	Días a floración femenina	Días a floración masculina
Río Blanco 16	258.85 ± 0.72 <sup>d</sup>	107.83 ± 1.47 <sup>b</sup>	66.00 ± 0.00 <sup>a</sup>	65.00 ± 0.00 <sup>a</sup>
Don Pepe	292.63 ± 1.03 <sup>a</sup>	118.70 ± 1.80 <sup>a</sup>	63.00 ± 0.16 <sup>c</sup>	64.00 ± 0.16 <sup>b</sup>
ZR-22	266.15 ± 1.97 <sup>c</sup>	119.03 ± 0.35 <sup>a</sup>	62.00 ± 0.00 <sup>d</sup>	63.00 ± 0.00 <sup>c</sup>
Titania	286.83 ± 1.58 <sup>b</sup>	117.33 ± 1.57 <sup>a</sup>	64.00 ± 0.00 <sup>b</sup>	65.00 ± 0.00 <sup>a</sup>
CV	3.31	7.76	0.99	0.89
DMS	5.26	5.16	0.36	0.65

CV= Coeficiente de variación; DMS= Diferencia mínima significativa. Medias ± error estándar con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ).

ZR-22 mostró la mayor longitud de mazorca y el mayor número de granos por hilera, y junto con Titania, mostraron el mayor número de granos por mazorca, el cual, a su vez, tuvo el mayor número de hileras por mazorca (Cuadro 3). El peso de la mazorca y de grano fue mayor ZR-22 el cual, al igual que Don Pepe presentaron el mayor rendimiento de grano (Cuadro 4).

**Cuadro 3.** Características de la mazorca en cuatro híbridos de maíz en Tonila, Jalisco, México.

Híbrido	Longitud de la mazorca (cm)	Número de hileras por mazorca	Número de granos por hilera	Número de granos por mazorca
Río Blanco 16	14.95 ± 0.12 <sup>c</sup>	15.05 ± 0.12 <sup>b</sup>	36.20 ± 0.19 <sup>b</sup>	543.90 ± 1.77 <sup>b</sup>
Don Pepe	16.71 ± 0.09 <sup>b</sup>	15.05 ± 0.16 <sup>b</sup>	36.78 ± 0.10 <sup>b</sup>	553.30 ± 5.72 <sup>b</sup>
ZR-22	17.38 ± 0.21 <sup>a</sup>	15.10 ± 0.16 <sup>b</sup>	40.83 ± 0.13 <sup>a</sup>	617.20 ± 8.34 <sup>a</sup>
Titania	14.50 ± 0.08 <sup>c</sup>	18.90 ± 0.18 <sup>a</sup>	33.50 ± 0.08 <sup>d</sup>	632.60 ± 4.96 <sup>a</sup>
CV	5.61	7.11	3.06	6.28
DMS	0.51	0.65	0.65	21.17

CV= Coeficiente de variación; DMS= Diferencia mínima significativa. Medias ± error estándar con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ).

**Cuadro 4.** Componentes de rendimiento en cuatro híbridos de maíz en Tonila, Jalisco, México.

Híbrido	Peso de la mazorca	Peso de 100 granos	Rendimiento de grano
	(g)	(g)	(t ha <sup>-1</sup> )
Río Blanco 16	154.93 ± 4.30 <sup>b</sup>	31.50 ± 0.31 <sup>b</sup>	6.99 ± 0.21 <sup>bc</sup>
Don Pepe	165.44 ± 1.60 <sup>b</sup>	29.50 ± 0.37 <sup>c</sup>	8.26 ± 0.34 <sup>ab</sup>
ZR-22	193.33 ± 6.75 <sup>a</sup>	39.70 ± 0.15 <sup>a</sup>	8.69 ± 0.37 <sup>a</sup>
Titanio	165.07 ± 3.66 <sup>b</sup>	27.50 ± 0.37 <sup>d</sup>	6.55 ± 0.28 <sup>c</sup>
CV	8.33	3.10	8.00
DMS	17.04	1.20	1.28

CV= Coeficiente de variación; DMS= Diferencia mínima significativa. Medias ± error estándar con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes (Tukey,  $p < 0.05$ ).

Neild y Newman (1990) señalan que, para su crecimiento óptimo, la planta de maíz requiere diferentes temperaturas durante el día, la noche y toda la temporada de crecimiento. Durante el día, la temperatura óptima se ubica entre 25 y 33 °C, durante la noche, entre 17 y 23 °C mientras que, la temperatura óptima media para toda la temporada de crecimiento es de 20 a 22 °C. Asimismo, la FAO (2024) indica que el cultivo del maíz requiere entre 500 y 800 ml de agua durante su desarrollo. De acuerdo con lo anterior, las temperaturas registradas durante el periodo de estudio estuvieron prácticamente dentro del rango óptimo para el desarrollo de la planta en tanto que, la precipitación superó los requerimientos de agua del cultivo.

En México, se han realizado numerosas investigaciones sobre la adaptación de diversos materiales genéticos tropicales a condiciones de clima templado (Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010, Pérez *et al.*, 2000, López-Morales *et al.*, 2020, Santiago-López *et al.*, 2020) y de acuerdo con estos estudios, una característica favorable para un genotipo tropical sembrado bajo condiciones de clima templado es la disminución del número de días a la floración (López-Morales *et al.*, 2020), lo cual no sucedió con el híbrido tropical Río Blanco 16, el cual tuvo la menor precocidad. Los genotipos precoces muestran un mejor aprovechamiento del agua de lluvia lo cual resulta de suma importancia cuando se siembra bajo condiciones de temporal y no se cuenta con la posibilidad de realizar un riego de auxilio como en el presente estudio (Ángeles-Gaspar *et al.*, 2010).

De acuerdo con López-Morales *et al.* (2020), la selección de plantas de porte bajo con alto rendimiento de grano es un objetivo que se ha buscado en los maíces tropicales sembrados en climas templados, lo que, se observó en el presente estudio, ya que el híbrido tropical Río Blanco 16 mostró una menor altura de planta y de inserción a la mazorca que los híbridos subtropicales igualando el rendimiento de grano de dos de ellos. Pérez *et al.* (2000) observaron que el incremento en el rendimiento de grano del maíz tropical Tuxpeño Crema 1 sembrado bajo condiciones de Valles Altos, se debió al aumento en diámetro y longitud de las mazorcas esto último, no observado en este estudio ya que el híbrido tropical mostró igual y menor longitud de mazorca que uno y dos de los híbridos subtropicales respectivamente.

En otros países, el comportamiento productivo de maíces tropicales y templados sí ha sido comparado. En Iowa, Estados Unidos de América, Infante *et al.* (2018), encontraron que, bajo las condiciones templadas de ese estado, los híbridos desarrollados para ese clima tuvieron mayores rendimientos de grano que los híbridos tropicales introducidos (de 7.4 a 11 t ha<sup>-1</sup> vs 6.63 y 9.0 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente). Contrario a lo aquí registrado, los maíces tropicales fueron más altos que los templados y, además, tuvieron una mayor producción de follaje por lo que, presentaron un mayor porcentaje de acame situación no observada en el presente estudio. Asimismo, en Zimbabue, Nyoni *et al.* (2023) evaluaron

líneas de maíces tropicales, subtropicales y templados bajo un ambiente subtropical y observaron que los genotipos templados y subtropicales mostraron un mayor rendimiento de grano y mayor precocidad que los genotipos tropicales lo cual concuerda con los resultados del presente estudio.

#### 4. Conclusiones

Bajo las condiciones climáticas de Tonila, Jalisco, el híbrido tropical Río Blanco 16 fue el más tardío y su comportamiento productivo similar al de los híbridos Don Pepe y Titanio, pero inferior al del ZR-22 el cual destacó entre los híbridos subtropicales por su precocidad y mejores características de mazorca y rendimiento de grano.

#### 5. Conflictos de intereses

Los autores respaldan plenamente este trabajo y han contribuido de manera significativa que justifica su autoría. No existe conflicto de interés y se han seguido todos los procedimientos éticos y requisitos necesarios.

#### Referencias

1. Ángeles-Gaspar, E., Ortiz-Torres, E., López, P. A., y López-Romero, G. (2010). Caracterización y rendimiento de poblaciones de maíz nativas de Molcaxac, Puebla. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 33: pp 287-296. doi:10.35196/rfm.2010.4.287
2. Borroel-García, V. J., Salas-Pérez, L., Ramírez Aragón, M. G., López-Martínez, J. D., and Luna-Anguiano, J. (2018). Yield and production components in maize hybrids in the Comarca Lagunera. *Terra Latinoamericana*. 36: pp 423-429. doi: 10.28940/terra.v36i4.281
3. FAO. (2024). Maize. [Consultado el 30 de diciembre de 2024]. Disponible en: <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/crop-information/maize/es/>
4. Goodman, M. M., and Carson, M. L. (2000). Reality vs. myth: corn breeding, exotics, and genetic engineering. *Annual Corn and Sorghum Research Conference*. 55: pp 149-172.
5. INEGI. (2024a). Climatología. [Consultado el 15 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/>.
6. INEGI. (2024b). Edafología. [Consultado el 15 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/>.
7. Infante, P. A., Moore, K., Hurburgh, C., Scott, P., Archontoulis, S., Lenssen, A., and Fei, S. (2018). Biomass production and composition of temperate and tropical maize in central Iowa. *Agronomy*. 8: 88. doi:10.3390/agronomy8060088
8. Kato, Y. T. A., Mapes, S. C., Mera, O. L. M., Serratos, H. J. A., y Bye, B. R. A. (2009). Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.
9. López-Morales, F., García-Zavala, J. J., Corona-Torres, T., Cruz-Izquierdo, S., López-Romero, G., Reyes-López, D., Vásquez-Carrillo, M. G., y Molina-Galán, J. D. (2020). Comparación del rendimiento y cambios morfológicos en maíz Tuxpeño V-520C adaptado a valles altos en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 43: pp 133-141. doi:10.35196/rfm.2020.2.133
10. Márquez-Sánchez, F. (2008). De las variedades criollas de maíz (*Zea mays* L.) a los híbridos transgénicos. I: recolección de germoplasma y variedades mejoradas. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 5: pp 151-166. <https://www.revista-asyd.org/index.php/asyd/article/view/1094/435>
11. McGrath, D. M., Huesing, J. E., Jepson, P. C., Peschke, V. M., Prasanna, B. M., Krupnik, T. J. (2021). Fall armyworm scouting, action thresholds, and monitoring. *CIMMYT, Ciudad de México, México*, pp 21-57.
12. Neild, R. E. and Newman, J. E. (1990). Growing season characteristics and requirements in the corn belt. Purdue University Cooperative Extension Service. West Lafayette, Indiana, USA. <https://www.extension.purdue.edu/extmedia/nch/nch-40.html>
13. Nyoni, R. S., Magorokosho, C., and Kamutando, C. N. (2023). Potential of temperate, tropical, and sub-tropical exotic maize germplasm for increased gains in yield performance in sub-tropical breeding programs. *Agronomy*. 13: 1605. doi:10.3390/agronomy13061605
14. Pérez, C. A. A., Molina, G. J. D., y Martínez, G. A. (2000). Adaptación a clima templado de una variedad de maíz tropical mediante selección masal visual estratificada. *Agrociencia*. 34: pp 533-542. <https://www.agrociencia-colpos.org/index.php/agrociencia/article/view/57/57>
15. Santiago-López, N., García-Zavala, J. J., Espinoza-Banda, A., Santiago-López, U., Esquivel-Esquivel, G., y Molina-Galán, J. D. (2020). Adaptación de maíz Tuxpeño a Valles Altos de México mediante selección masal. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 43: pp 259-265. doi:10.35196/rfm.2020.3.259
16. SIAP. (2024a). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. [Consultado el 25 de enero de 2024]. Disponible en: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>.
17. SIAP. (2024b). Avance de Siembras y Cosechas. Resumen por estado. [Consultado el 25 de enero de 2024]. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenProducto.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do).

18. Vázquez-Pozos, V., Serrano-Flores, E., Cruz-Izquierdo, S., y Lobato-Ortiz, R. (2020). QTLs asociados con la tolerancia a sequía en una población de maíz tropical utilizando líneas y cruces de prueba. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 43: pp 101-112. doi:10.35196/rfm.2020.1.101-112.

**Descargo de responsabilidad/Nota del editor:** Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son responsabilidad exclusiva de los autores y colaboradores individuales y no de *Scientia Agricolis Vita* y/o el/lo editor/es declinan toda responsabilidad por daños personales o materiales derivados de ideas, métodos, instrucciones o productos a los que se haga referencia en el contenido.

**Cita:** Sandoval-Hernández, F. J. (sin fecha) «Evaluación de híbridos tropicales y subtropicales de maíz en un clima de transición: Evaluación de híbridos de maíz», *Scientia Agricolis Vita*, 2(1). Disponible en: <https://agricolis.uanl.mx/index.php/revista/article/view/24> (Accedido: 12 marzo 2025).

Editor Asignado: Dra. Guadalupe Gutiérrez Soto

Recibido: 29 de octubre de 2024.

Revisado: 24 de enero de 2025.

Aceptado: 28 de enero de 2025.

Publicado: 03 de marzo de 2025.



**Copyright:** © 2023 por los autores. Presentado para su posible publicación en acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Artículo

## La Importancia de las Herramientas Físicas y Matemáticas en la Enseñanza de la Ingeniería Eléctrica dentro de la Licenciatura en Ingeniería en Industrias Alimentarias.

Miranda Abigail Ortiz <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Francisco I. Madero S/N, Ex Hacienda el Canadá, Cd. Gral. Escobedo, C.P. 66050, Nuevo León, México.

Correspondencia: mortiza@uanl.edu.mx

**Resumen:** La enseñanza de cualquier unidad de aprendizaje en ingeniería siempre trae implícito un conocimiento matemático, que el estudiante se infiere tiene ya pleno dominio de este conocimiento al llegar a la mitad de su carrera profesional. Desgraciadamente, en muchos casos, esto no es posible debido a múltiples deficiencias en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las unidades de aprendizaje del área de ciencias básicas, principalmente de matemáticas y cursos básicos de física clásica. En esta investigación se analizará el cómo la falta de conocimientos tanto de matemáticas como de física, perjudican gravemente el proceso de enseñanza aprendizaje de la Ingeniería Eléctrica a nivel superior en la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

**Keywords:** matemáticas, física, proceso enseñanza-aprendizaje, unidad de aprendizaje, enfoque de enseñanza.

### 1. Introducción

La Ingeniería Eléctrica tiene por objeto convertir energía eléctrica en otras formas de energía, la transmisión y distribución de su energía en forma eléctrica, su regulación y transformación para utilización posterior. En general, no se puede considerar propiamente a la energía eléctrica en si como un fin útil, sino que más bien es convertida en energía mecánica en motores, relés y electroimanes; energía calorífica, en hornos y fundiciones; energía sonora, en altavoces; energía lumínica, a través de sistemas de alumbrado; o en energía química a través de procesos electrolíticos. En base al objeto de estudio de la Ingeniería Eléctrica, el Instituto Politécnico Nacional (IPN), define a la Ingeniería Eléctrica como la disciplina que tiene como objetivo planear, proyectar, diseñar, innovar, instalar, construir, coordinar, dirigir, mantener y administrar equipos y sistemas, aparatos y dispositivos, destinados a la generación, transformación y aprovechamiento de la energía eléctrica en todas sus aplicaciones; así como operar equipos y materiales eléctricos tomando en cuenta su interrelación con los sistemas de potencia, distribución y utilización; además de participar en la construcción, mantenimiento, conservación y administración de la planta productiva con una visión integral del desarrollo social, económico e industrial del país.

Flores, Cruz, J.A.; Avalos, Villarreal, E. y Camarena, Gallardo, P. (2014) consideran a la Ingeniería Eléctrica como una de las múltiples ramas del estudio de la ingeniería, que se dedica al estudio de los fenómenos electromagnéticos, los cuales son aplicados para la generación, transmisión, control, distribución, comercialización y conversión de la energía eléctrica, lo que permite el desarrollo de los países; de igual forma, se ocupa del diseño, fabricación, análisis, funcionamiento y mantenimiento de dispositivos y sistemas electrónicos que controlan, procesan y transmiten información.

Dada la naturaleza de las definiciones mencionadas, la Ingeniería Eléctrica se encuentra intrínsecamente relacionada con otras ingenierías, al respecto Fitzgerald, A.E & Higginbotham, D.E. (1967) nos mencionan algunas de estas relaciones:

1. Los ingenieros mecánicos utilizan los productos de la Ingeniería Eléctrica (corriente eléctrica, voltaje, potencia) en la aplicación y regulación de los motores eléctricos, como parte de las centrales eléctricas, en la medición a través de sensores, y en el control y procesamiento de las variables industriales medidas.
2. Los ingenieros químicos utilizan los mismos productos de la Ingeniería Eléctrica para la regulación de los procesos de calefacción y refrigeración, además del funcionamiento de equipos industriales como bombas, sistemas de operaciones unitarias, reactores químicos y en el desarrollo y equipamiento de instrumentación industrial y de laboratorio.
3. Los ingenieros civiles y de estructuras estudian los sistemas de distribución de la energía eléctrica a través de instalaciones como: casas habitación, centros comerciales, naves industriales, vías públicas, etc.

4. Los ingenieros aeronáuticos utilizan muchas de las aplicaciones esenciales de la electricidad para la producción de energía, medida y regulación de aparatos de aviación y proyectiles dirigidos.

En lo que concierne a la industria alimentaria, podemos indicar que es uno de las más importantes en México, y juega un papel fundamental en la economía del país. Sin embargo, el proceso de producción de alimentos requiere de un suministro constante de energía eléctrica para mantener las empresas en funcionamiento. La electricidad es necesaria en todas las etapas de la producción de alimentos, desde la siembra y el cultivo hasta el transporte y la distribución. Algunos de los procesos de producción que requieren energía eléctrica son:

- Conservación de alimentos
- Procesamiento y envasado
- Iluminación y climatización de fábricas, almacenes y centros de distribución.
- Control de calidad y laboratorios.

Dados los requerimientos mencionados para la industria alimentaria a nivel nacional, la Facultad de Agronomía (FA) de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) imparte dentro de la carrera Ingeniero en Industrias Alimentarias (Plan 420) y Licenciatura en Ingeniería en Industrias Alimentarias (Plan 430), la unidad de aprendizaje de Ingeniería Eléctrica en el cuarto semestre de ambos planes de estudio vigentes actualmente. Para esta unidad de aprendizaje se ha desarrollado un programa analítico que contempla una serie de propósitos y competencias, que son necesarias para que el estudiante pueda integrarse no solo al mercado laboral, sino mundial de la industria alimentaria. Con el fin de citar estos propósitos y competencias, se señalarán del programa analítico realizado por Luna, Alejandro y Ortiz, Miranda Abigail, (2020).

En cuanto a los propósitos de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica, tenemos los siguientes:

1. Contribuirá a integrar al perfil del futuro Ingeniero en Industrias Alimentarias al resolver problemas relacionados con circuitos eléctricos y electrónicos en las instalaciones de una organización, así como el funcionamiento de máquinas eléctricas. Lo cual, es necesario en su formación ya que como egresado tiene que contribuir a la eficiencia del uso de la energía eléctrica en diferentes tipos de industria, especialmente la alimentaria.
2. La Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica se correlaciona con Mecánica de materiales por el uso de diferentes elementos mecánicos en la construcción de sistemas eléctricos y electrónicos, y por las propiedades eléctricas de los materiales; proporcionando al estudiante el conocimiento para construir máquinas eléctricas y magnéticas. De la misma forma, se correlaciona con la Unidad de Aprendizaje Mecatrónica, al llevar a cabo análisis, diseño y montaje de circuitos eléctricos y electrónicos que le permitirán en mecatrónica automatizar para diferentes procesos de alimentos a nivel industrial.
3. Otro propósito, es que el estudiante interprete señales eléctricas y digitales en sus diversos tipos de lenguaje con el fin de reestructurar su propio pensamiento; así como podrá establecer relaciones interpersonales con base en los valores promovidos por la Universidad buscando el bien común. También actuará con eficacia alcanzando los objetivos que se han marcado en situaciones adversas del procesamiento de alimentos (presión de tiempo, desacuerdo, oposición, entre otros).

En lo que respecta a las competencias de egreso hay dos muy importantes, que nos llevan a profundizar en el objetivo de esta investigación:

1. Utilizar los lenguajes lógico, formal, matemático, icónico, verbal y no verbal de acuerdo con su etapa de vida, para comprender, interpretar y expresar ideas, sentimientos, teorías y corrientes de pensamiento con un enfoque ecuménico.
2. Proveer soluciones a problemas de la ingeniería y tecnología del procesamiento de alimentos, a través del diseño de experimentos, el análisis e interpretación de datos estadísticos y modelos matemáticos que permitan el mejoramiento de la calidad de diferentes productos que ofrezca una organización.

Como ya se había indicado con anterioridad, la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica, se imparte en la FA de la UANL, en el cuarto semestre de la Licenciatura en Ingeniería en Industrias Alimentarias. Actualmente se tienen en vigencia dos planes de estudio, el plan 420 o modalidad presencial y el plan 430 o modalidad mixta; de ambos planes

de estudio se obtuvieron las Unidades de Aprendizaje que los estudiantes deben cursar previamente, y que servirán como una base sólida para emprender el estudio de la Ingeniería Eléctrica. Las Unidades de Aprendizaje se muestran en la tabla 1.

Comenzando el análisis de la tabla 1 para el plan 420, cabe aclarar que los primeros tres semestres al momento de escribir este artículo, ya no se imparten porque los estudiantes han ido avanzando en su carrera, el plan 430 lleva su primera generación por comenzar su quinto semestre. Por lo tanto, en este semestre (enero-junio 2024) que acaba de concluir, su tuvieron disponibles un grupo de estudiantes de Ingeniería Eléctrica del plan 420 y uno del plan 430, con los cuales se realizará la comparativa entre ambos planes de estudio, que es el objetivo de esta investigación.

**Tabla 1.**

	<b>Plan 420 (presencial)</b>	<b>Plan 430 (mixta)</b>
<b>Primer semestre</b>	Matemáticas y Algebra Lineal	Cálculo Diferencial
<b>Segundo semestre</b>	Cálculo Diferencial	Algebra Lineal Cálculo Integral Física
<b>Tercer semestre</b>	Cálculo Integral	Ecuaciones Diferenciales
<b>Cuarto semestre</b>	Ecuaciones Diferenciales	

*Extracto de las Unidades de Aprendizaje de matemáticas y física, que se deben de cursar como base previa para el estudio de la Ingeniería Eléctrica.*

En el primer semestre del plan 420, se incluye una Unidad de Aprendizaje de Matemáticas Básicas y Algebra Lineal, la cual, en acuerdo con los contenidos temáticos, si cumple con los requerimientos matemáticos (precálculo, funciones matemáticas, técnicas de algebra básica), que son indispensables para aplicarlos en la solución de problemas de Ingeniería Eléctrica. Esto debido a que combina las bases necesarias para el estudio del Cálculo Diferencial e Integral, con los aspectos elementales del algebra matricial y la solución de sistemas de ecuaciones lineales, bastante importantes al momento de resolver circuitos eléctricos. En segundo y tercer semestre aparecen las Unidades de Calculo Diferencial y Calculo integral respectivamente, llevando hasta el momento una secuencia matemática conforme a un nivel de ingeniería y posteriormente en cuarto semestre se llega a la Unidad de Aprendizaje de Ecuaciones Diferenciales. Desde el punto de vista estrictamente matemático, la secuencia de la tabla 1, para el plan 420, es totalmente adecuada para el estudio de la Ingeniería Eléctrica, no obstante, existe un inconveniente: el que la Unidad de Aprendizaje de Ecuaciones Diferenciales aparece en el mismo semestre que Ingeniería Eléctrica, lo que provoca en el estudiante una dificultad de aplicar, por ejemplo, el modelado de ecuaciones diferenciales de primer y segundo orden en la solución de circuitos de análisis de respuesta transitoria.

Una dificultad más que se puede apreciar en la Tabla 1, es la ausencia de un curso introductorio de Física General, en primer o segundo semestre, ya que el estudiante al cursar Ingeniería Eléctrica presenta deficiencias en la comprensión de conceptos básicos como carga eléctrica, potencial eléctrico o voltaje, fuerza eléctrica, potencia eléctrica, entre otros. Como consecuencia de esto es tener que comenzar el estudio de estos conceptos retomando bases cuya enseñanza corresponde a la escuela preparatoria; ralentizando así el contenido temático de un curso de nivel superior.

En lo que respecta al análisis del plan 430, es conveniente indicar que en sus dos primeros semestres aplica una modalidad mixta, es decir, que no todas las frecuencias son presenciales, por ejemplo, una Unidad de Aprendizaje de Física con frecuencia de cuatro horas a la semana, dos son presenciales y dos son a través de la plataforma NEXUS de la UANL. En base a la experiencia docente en los dos años que lleva la implementación de este plan de estudios, es que los estudiantes mencionan en clase, que no existe un aprendizaje significativo bajo este sistema mixto en los primeros dos semestres, ya que consideran que el tipo de Unidades de Aprendizaje que se cursan en estos primeros dos semestres, por la cantidad de contenido temático que se revisa, ameritan totalmente una modalidad presencial, además de que se realizan muy pocos problemas con aplicaciones a las Unidades de Aprendizaje posteriores de la malla curricular de la

Licenciatura en Ingeniería en Industrias Alimentarias. Al revisar la estructura de la Tabla 1, inmediatamente nos podemos percatar de la no existencia de un curso de Matemáticas Básicas o Precálculo, comenzando la formación profesional directamente con el Cálculo Diferencial. Después, en segundo semestre se incluyen Unidades de Aprendizaje de Álgebra Lineal, Cálculo Integral y Física, las cuales son correctas y necesarias que se incluyan en la formación del estudiante, sin embargo, estas asignaturas, junto con Cálculo Diferencial deberían ser presenciales para un óptimo desempeño posterior del estudiante dentro de su estancia en la Licenciatura. A diferencia del plan 420, en el plan 430 se adelanta un semestre Ecuaciones Diferenciales, evitando así el traslape con Ingeniería Eléctrica y las dificultades ya mencionadas.

En esta investigación se pondrá a prueba la hipótesis de que el rendimiento académico de los estudiantes en la Licenciatura en Ingeniería en Industrias Alimentarias es mayor en el plan 420 que en el plan 430, tomando como parámetro la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica en el cuarto semestre de ambos planes de estudio. Dentro de la estructura del presente artículo se presentarán las bases físicas y matemáticas para el estudio de la Ingeniería Eléctrica en la primera sección, después se realizará una revisión bibliográfica sobre los principales enfoques y métodos de enseñanza en ingeniería, así como el diseño de los reactivos de examen en la segunda sección. En la tercera sección se describirá la metodología experimental que llevará a cabo en esta investigación y en la quinta sección se mostrarán los resultados obtenidos del estudio realizado. Finalmente presentaremos una discusión a la investigación realizada y sus respectivas conclusiones.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1 Bases físicas y matemáticas para el estudio de la Ingeniería Eléctrica

Hablar sobre la formación de ingenieros genera muchas reflexiones, más aún cuando la sociedad requiere de un profesional de alta calidad, especialista e investigador, con capacidad de adaptación a las exigencias del mañana. Dentro de este campo, se puede establecer una subdivisión en tres grupos principales en la formación profesional de la ingeniería: la Fundamentación Científica, la Fundamentación en Procesos de Ingeniería y la Formación Social y Humanística (Lagos Figueroa, Jaime, A., 2017). Al respecto, Lagos Figueroa, Jaime, A., (2017) indica lo siguiente:

“Dentro de las comunidades de ingenieros, frecuentemente, se dan muchos debates y reflexiones acerca de los orígenes y la pertinencia de las ciencias básicas, en el ámbito formativo. Las dudas surgen, pues, en el momento de la aplicación y el ejercicio profesional de la ingeniería, las relaciones disciplinares (con áreas como la física o las matemáticas) no se hacen tan evidentes; por lo menos, en la mayoría de las ingenierías particulares. Lo que sí ocurre en casos como la Ingeniería Eléctrica, por citar un ejemplo. Esto lleva a discusiones, respecto al hecho de que una ingeniería se considera como tal, si aplica o no directamente la química, la física y las matemáticas (tradicionalmente, la ingeniería se ha relacionado con la aplicación de las ciencias básicas en la solución de problemas)”.

En estas palabras, se nos invita a reflexionar sobre el papel que tienen las matemáticas y la física no solo en la ingeniería, sino también en la enseñanza de la ingeniería. Por lo tanto, es necesario implementar en el aula de clase un proceso pedagógico de enseñanza aprendizaje que genere un aprendizaje significativo, haciendo sinergia en la aplicación de los fundamentos físicos y matemáticos en la solución de los problemas de la Ingeniería Eléctrica; además, de enfocarse en la interpretación y significado de los resultados obtenidos.

El estudio de cualquier ingeniería se basa en los principios o leyes físicas que gobiernan en la naturaleza, no obstante, es importante destacar que tales principios o leyes como lo describió Galileo Galilei están forjados en un vocabulario estrictamente matemático, de ahí pues la importancia de que el estudiante comprenda las bases físicas de la naturaleza y su dominio y aplicación en el lenguaje matemático.

Di Domenicantonio, Rossana (2018) establece que un ingeniero debe identificar y comprender los obstáculos más importantes para poder realizar un buen diseño en la industria. El conocimiento de la física, la matemática, además del factor de la experiencia son utilizados por los ingenieros para encontrar las mejores soluciones a problemas concretos, creando modelos matemáticos que les permitan analizarlos y obtener potenciales soluciones optimizando los recursos disponibles.

Otra perspectiva más de la importancia de las matemáticas y la física en ingeniería la otorga Iriarte Balderrama, R. (2024): “la ingeniería no existiría sin las matemáticas. A la inversa, la sentencia podría ser falsa, las matemáticas existen,

independientemente de la ingeniería. Sin embargo, para los ingenieros, lo importante es convencerse, no de las matemáticas en sí mismas, sino de la aplicación de ellas. Las matemáticas aplicadas son las que han permitido lograr el desarrollo que ha alcanzado la ingeniería”.

En base a los diversos testimonios mostrados acerca de la importancia de la enseñanza de las bases de las matemáticas y la física en cualquier ingeniería, en particular en la Ingeniería Eléctrica, nos dispondremos a desglosar estas bases en acuerdo con el contenido temático de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica. Nuestra asignatura objetivo de estudio de esta investigación, está dividida en tres etapas o fases durante el semestre, en las cuales existe una determinada cantidad de temas que se deben de cubrir durante cada periodo, estos contenidos temáticos se muestran en la tabla 2, y fueron extraídos del programa analítico vigente de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica (Luna, Alejandro y Ortiz, Miranda Abigail, 2020).

**Tabla 2.**

<b>Fase 1. Circuitos de corriente directa (CD) en estado estable.</b>	<b>Fase 2. Análisis transitorio para circuitos de corriente directa (CD).</b>	<b>Fase 3. Circuitos de corriente alterna en estado estable (CA).</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Carga eléctrica y fuerza eléctrica. Ley de Coulomb.</li> <li>2. Corriente eléctrica, voltaje y resistencia.</li> <li>3. Potencia eléctrica.</li> <li>4. Ley de Ohm.</li> <li>5. Circuitos en serie y Paralelo.</li> <li>6. Leyes de Kirchhoff.</li> <li>7. Técnicas de análisis de circuitos (análisis de mallas y nodos).</li> <li>8. Transformación delta-estrella y estrella-delta.</li> <li>9. Teorema de Thevenin y Norton.</li> <li>10. Teorema de la máxima transferencia de potencia.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inductores o bobinas.</li> <li>2. Combinación de inductores.</li> <li>3. Capacitores o condensadores.</li> <li>4. Combinación de capacitores.</li> <li>5. Análisis de respuesta transitoria.</li> <li>6. Circuito RL y RC serie y paralelo en respuesta natural.</li> <li>7. Circuito RL y RC serie y paralelo en respuesta forzada.</li> <li>8. Circuito RLC serie y paralelo en respuesta natural.</li> <li>9. Circuito RLC serie y paralelo en respuesta forzada.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Corriente alterna senoidal.</li> <li>2. Circuito puramente resistivo.</li> <li>3. Circuito puramente inductivo.</li> <li>4. Circuito puramente capacitivo.</li> <li>5. Reactancias e Impedancias.</li> <li>6. Fasores y conversiones.</li> <li>7. Circuitos RLC de corriente alterna en estado estable.</li> <li>8. Análisis de potencia en estado estable.</li> <li>9. Potencia activa, reactiva y total.</li> <li>10. Factor de potencia.</li> <li>11. Corrección del factor de potencia.</li> <li>12. Circuitos trifásicos en delta y estrella.</li> </ol>

*Contenido temático por fase de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica.*

A continuación, realizaremos el análisis de las herramientas físicas y matemáticas de los contenidos temáticos mostrados en la tabla 2, fase por fase. El análisis de cada tema correspondiente a su respectiva fase se ilustra en las tablas 3, 4 y 5.

Tabla 3.

Fase 1 Circuitos de corriente directa (CD) en estado estable.	Herramientas físicas y matemáticas requeridas para abordar el tema.
Carga eléctrica y fuerza eléctrica. Ley de Coulomb.	<b>Herramientas matemáticas:</b> despejes algebraicos, ecuaciones cuadráticas, trigonometría plana. <b>Herramientas físicas:</b> fuerza, sumatoria de fuerzas, equilibrio, diagramas vectoriales.
Corriente eléctrica, voltaje y resistencia.	<b>Herramientas matemáticas:</b> despejes algebraicos, técnicas básicas de derivación, técnicas básicas de integración. <b>Herramientas físicas:</b> concepto de carga eléctrica, naturaleza de los materiales.
Ley de Ohm.	<b>Herramientas matemáticas:</b> despejes algebraicos, función directamente proporcional, función inversamente proporcional, concepto de asíntota vertical. <b>Herramientas físicas:</b> relación del concepto de asíntota vertical con el de corto circuito.
Potencia Eléctrica.	<b>Herramientas matemáticas:</b> despejes algebraicos, derivación. <b>Herramientas físicas:</b> concepto de trabajo y teorema del trabajo y la energía.
Circuitos en serie y Paralelo.	<b>Herramientas matemáticas:</b> despejes algebraicos, cálculos aritméticos para realizar un balance de energía. <b>Herramientas físicas:</b> reducción en base al concepto de resistencia equivalente.
Leyes de Kirchhoff.	<b>Herramientas matemáticas:</b> ecuaciones lineales, convención de signos algebraicos. <b>Herramientas físicas:</b> concepto de lazo o malla y nodo.
Técnicas de análisis de circuitos (análisis de mallas y nodos).	<b>Herramientas matemáticas:</b> sistemas de ecuaciones lineales, matrices, determinantes. <b>Herramientas físicas:</b> análisis de la malla o lazo y nodo.
Transformación delta-estrella y estrella-delta.	<b>Herramientas matemáticas:</b> evaluación de funciones. <b>Herramientas físicas:</b> reducción de circuitos.
Teorema de Thévenin y Norton.	<b>Herramientas matemáticas:</b> sistemas de ecuaciones lineales, matrices, determinantes, evaluación de funciones. <b>Herramientas físicas:</b> análisis de la malla o lazo y nodo, reducción de circuitos.
Teorema de la máxima transferencia de potencia.	<b>Herramientas matemáticas:</b> sistemas de ecuaciones lineales, matrices, determinantes, evaluación de funciones, cálculo de puntos máximos en funciones, criterio de la primera derivada. <b>Herramientas físicas:</b> análisis de la malla o lazo y nodo, reducción de circuitos.

Herramientas matemáticas y físicas por contenido temático en la fase 1 de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica.

Tabla 4.

Fase 2 Análisis transitorio para circuitos de corriente directa (CD).	Herramientas físicas y matemáticas requeridas para abordar el tema.
Inductores o bobinas.	<b>Herramientas matemáticas:</b> derivación, integración. <b>Herramientas físicas:</b> concepto de campo magnético, fuerza magnética, trabajo, energía y potencia.
Combinación de inductores.	<b>Herramientas matemáticas:</b> derivación, integración. <b>Herramientas físicas:</b> concepto de campo magnético, fuerza magnética, trabajo, energía y potencia.
Capacitores o condensadores.	<b>Herramientas matemáticas:</b> derivación, integración. <b>Herramientas físicas:</b> concepto de campo eléctrico, fuerza eléctrica, trabajo, energía y potencia.
Combinación de capacitores.	<b>Herramientas matemáticas:</b> derivación, integración. <b>Herramientas físicas:</b> concepto de campo eléctrico, fuerza eléctrica, trabajo, energía y potencia.
Análisis de respuesta transitoria.	<b>Herramientas matemáticas:</b> función constante, función lineal, función exponencial base "e", modelado con ecuaciones diferenciales ordinarias. <b>Herramientas físicas:</b> distinción de una situación física estable a una situación que cambia con respecto al tiempo.
Circuito RL y RC serie y paralelo en respuesta natural.	<b>Herramientas matemáticas:</b> ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden, método de separación de variables. <b>Herramientas físicas:</b> leyes de corrientes y de voltajes de Kirchhoff, ley de Ohm.
Circuito RL y RC serie y paralelo en respuesta forzada.	<b>Herramientas matemáticas:</b> ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden, método del factor integrante, sistemas de ecuaciones diferenciales de primer orden, transformada de Laplace. <b>Herramientas físicas:</b> leyes de corrientes y de voltajes de Kirchhoff, ley de Ohm.
Circuito RLC serie y paralelo en respuesta natural.	<b>Herramientas matemáticas:</b> ecuaciones diferenciales ordinarias de segundo orden, método de coeficientes constantes, números complejos. <b>Herramientas físicas:</b> leyes de corrientes y de voltajes de Kirchhoff, ley de Ohm.
Circuito RLC serie y paralelo en respuesta forzada.	<b>Herramientas matemáticas:</b> ecuaciones diferenciales ordinarias de segundo orden, método de coeficientes indeterminados, números complejos, teorema de superposición, variación de parámetros. <b>Herramientas físicas:</b> leyes de corrientes y de voltajes de Kirchhoff, ley de Ohm.

Herramientas matemáticas y físicas por contenido temático en la fase 2 de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica.

Tabla 5.

<b>Fase 3 Circuitos de corriente alterna en estado estable (CA).</b>	<b>Herramientas físicas y matemáticas requeridas para abordar el tema.</b>
Corriente alterna senoidal.	<b>Herramientas matemáticas:</b> funciones seno y coseno. <b>Herramientas físicas:</b> amplitud de onda, periodo, frecuencia.
Circuito puramente resistivo.	<b>Herramientas matemáticas:</b> integración de funciones senoidales. <b>Herramientas físicas:</b> valores eficaces de corriente y voltaje.
Circuito puramente inductivo.	<b>Herramientas matemáticas:</b> derivación, integración. <b>Herramientas físicas:</b> concepto de reactancia inductiva.
Circuito puramente capacitivo.	<b>Herramientas matemáticas:</b> derivación, integración. <b>Herramientas físicas:</b> concepto de reactancia capacitiva.
Reactancias e Impedancias.	<b>Herramientas matemáticas:</b> algebra compleja, regla de suma y resta de números complejos. <b>Herramientas físicas:</b> análisis de la parte real e imaginaria de un número complejo.
Fasores y conversiones.	<b>Herramientas matemáticas:</b> forma rectangular y polar de un número complejo. <b>Herramientas físicas:</b> equivalencia física del fasor con la función seno.
Circuitos RLC de corriente alterna en estado estable.	<b>Herramientas matemáticas:</b> sistemas de ecuaciones lineales con números complejos. <b>Herramientas físicas:</b> leyes de corrientes y de voltajes de Kirchhoff, ley de Ohm.
Análisis de potencia en estado estable.	<b>Herramientas matemáticas:</b> funciones seno y coseno, derivación, integración. <b>Herramientas físicas:</b> concepto de potencia eléctrica.
Potencia activa, reactiva y total.	<b>Herramientas matemáticas:</b> Trigonometría plana. <b>Herramientas físicas:</b> ley de Ohm, concepto de potencia eléctrica.
Factor de potencia.	<b>Herramientas matemáticas:</b> Trigonometría plana. <b>Herramientas físicas:</b> ley de Ohm, concepto de potencia eléctrica.
Corrección del factor de potencia.	<b>Herramientas matemáticas:</b> Trigonometría plana. <b>Herramientas físicas:</b> ley de Ohm, concepto de potencia eléctrica.
Circuitos trifásicos en delta y estrella.	<b>Herramientas matemáticas:</b> sistemas de ecuaciones lineales con números complejos. <b>Herramientas físicas:</b> ley de Ohm, concepto de potencia eléctrica, configuraciones en delta y en estrella.

*Herramientas matemáticas y físicas por contenido temático en la fase 3 de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica.*

En resumen, después del análisis de las tablas 3, 4 y 5, podemos concluir que la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica para la Licenciatura en Ingeniería en Industrias Alimentarias, posee una importante carga de conceptos matemáticos y físicos a ser considerados durante la formación previa del estudiante, antes de abordar esta Unidad de Aprendizaje. Solo de esta manera, se garantiza un éxito en el Aprendizaje Significativo de la Ingeniería Eléctrica, de

manera que el estudiante tendrá las bases sólidas necesarias para cursar asignaturas más avanzadas como la Mecatrónica y el Control de Procesos Alimentarios en esta misma Licenciatura.

## 2.2 Bases físicas y matemáticas para el estudio de la Ingeniería Eléctrica

En las carreras de ingeniería las estadísticas muestran el alto índice de alumnos no aprobados en las materias de matemáticas y física, uno de los factores que más influyen en esta problemática lo encontramos en la forma tradicional de abordar los temas, los cuales se encuentran totalmente desvinculados de la propia ingeniería. Esta situación a la larga repercute en una deficiente habilidad para modelar problemas de ingeniería durante la vida profesional del egresado. La falta de integración de los conocimientos de matemáticas con los de las materias propias de ingeniería que durante su carrera cursó el alumno lo lleva a esta problemática, creándole confusión y propiciando que subestime la importancia de las matemáticas y la física en su carrera (Cruz Galindo, Pedro, 2023).

Por tal motivo, es necesario que en Unidades de Aprendizaje previas a las asignaturas de ingeniería (Termodinámica, Transferencia de calor y masa, Operaciones Unitarias, por ejemplo), se traten las materias de matemáticas y física con orientación a aplicaciones que los estudiantes van a ocupar en la Licenciatura en Ingeniería en Industrias Alimentarias. El Proceso de Enseñanza-Aprendizaje debe ser tal que permita al estudiante dominar dos puntos principales al momento de resolver problemas de ingeniería:

- En primer lugar, conocer el principio, concepto o ley física a utilizar para una determinada situación problemática.
- En segundo lugar y en base a su planteamiento y concepto físico a utilizar, ahora es primordial que muestre un manejo de las herramientas matemáticas necesarias para que el concepto físico utilizado otorgue la respuesta satisfactoria.

En este punto, podemos añadir que también es importante que el estudiante muestre la capacidad de volver a aplicar sus concepciones físicas, con la finalidad de interpretar si el resultado que ha obtenido es correcto. Por lo tanto, el objetivo de esta sección es mostrar una recopilación de los principales enfoques y métodos de enseñanza de las matemáticas y la física en la ingeniería.

Los enfoques de enseñanza describen cómo enseñan los profesores en base a las intenciones y estrategias que utilizan y las concepciones de la enseñanza describe las creencias que los profesores tienen acerca de la enseñanza y a las que subyacen también propósitos y estrategias que ponen en funcionamiento cuando enseñan (Hernández P., Fuensanta; Maquilón S., Javier y Monroy H., Fuensanta, 2012). En la línea de enfoques se hace una distinción general entre aquellos profesores que centran su trabajo en el aprendizaje de los estudiantes considerándose facilitadores del proceso de aprendizaje; y aquellos que centran o enfocan su trabajo en el contenido considerando a los estudiantes como recipientes pasivos de la información transmitida (Kember y Kwan, 2000; Prosser y Trigwell, 1999; Trigwell y Prosser, 1996a; Trigwell, Prosser, y Waterhouse, 1999). Autores como Biggs (2003) y Vermunt y Verloop, (1999) abogan por que el profesor instalado en el perfil de profesor basado en la enseñanza se transforme en un profesor centrado en el aprendizaje y que ayude a los estudiantes en la construcción de su conocimiento. Cuando el profesorado es consciente acerca de la influencia que esta forma de enfocar la enseñanza tiene en la calidad de los aprendizajes posibilita que los profesores transiten de un modelo a otro, y si esto viene acompañado con programas de mejora de la docencia, los resultados pueden ser más satisfactorios tal y como informan autores como Postareff, Lindblom-Ylänne y Nevgi (2007) y Gibbs y Coffey (2004).

En el caso de los métodos de enseñanza, estos se definen como un conjunto de técnicas y principios aplicados por los profesores, para lograr el aprendizaje deseado en los estudiantes y que desarrollen sus capacidades. Para que un método de enseñanza sea eficiente hay que considerar los aspectos y singularidades de los estudiantes, como qué es lo que debe aprender, cómo son sus capacidades cognitivas y de aprendizaje, determinando sus fortalezas y debilidades. Sin embargo, es preciso realizar una revisión más profunda acerca de la definición de método de enseñanza antes de mostrar una clasificación de ellos y cuál es el método en nos fundamentaremos en esta investigación.

Skatkin y Danilov (1974), citados por Reyes y Pairot, (2009), consideraron que: “el método de enseñanza supone la interrelación indispensable de maestro y estudiante, durante cuyo proceso el maestro organiza la actividad del alumno

sobre el objeto de estudio, y como resultado de esta actividad, se produce por parte del alumno el proceso de asimilación del contenido de la enseñanza." Según Neuner (1981) el método de enseñanza es "un sistema de acciones del maestro encaminado a organizar la actividad práctica y cognoscitiva del estudiante con el objetivo de que asimile sólidamente los contenidos de la educación." Alcoba González (2012) expresó: "un método de enseñanza es el conjunto de técnicas y actividades que un profesor utiliza con el fin de lograr uno o varios objetivos educativos, que tiene sentido como un todo y que responde a una denominación conocida y compartida por la comunidad científica." En fin, las definiciones hasta ahora universalmente estandarizadas sobre el método de enseñanza generan confusión entre los estudiosos de la temática. Como bien se ha ilustrado con los ejemplos analizados anteriormente, no han permitido dilucidar con exactitud las condiciones necesarias y suficientes para diferenciar el método de enseñanza del método de aprendizaje, y de otros componentes como los medios de enseñanza y las formas académicas de organización con los que algunos autores confunden. La idea anterior permite esclarecer la brecha epistemológica que aparece en las definiciones sobre método de enseñanza, y determinar las condiciones necesarias y suficientes que conforman las definiciones de método de enseñanza (Navarro, D., Samón, M, 2017).

Un aspecto para resaltar tanto en las definiciones de enfoque de enseñanza y método de enseñanza es que han ido evolucionando a lo largo del tiempo, quitando al profesor del papel central del aula de clase y ahora es el estudiante quien juega el rol principal, de tal forma, que independientemente del enfoque y método que se elija, es prioritario que este centrado en el estudiante.

La clasificación de los métodos de enseñanza es un problema aún no resuelto en la Ciencia Pedagógica, pues existen diversos criterios al respecto y no hay uno que sea aceptado por todos. Por lo tanto, no existe un método de enseñanza universal y muchas son las posibilidades de combinarlo, en dependencia de diversos factores, como las particularidades de los estudiantes y la etapa del proceso de aprendizaje que se desarrolla, los objetivos y contenidos de enseñanza, los medios disponibles, la forma organizativa de la actividad docente y, por supuesto, el trabajo creador del profesor (Rosell Puig, W., Paneque Ramos Ena R., 2009). Salas Perea, R.S., (1999), Álvarez Zayas, C., (1996) y Martínez Yantada, M., (1987) proponen la siguiente clasificación de los métodos de enseñanza, basada en sus propios criterios:

- Inductivos, deductivos y analítico-sintéticos. Estos métodos consideran la vía lógica de obtención del conocimiento.
- Orales, visuales y prácticos. Estos métodos consideran las fuentes de obtención de los conocimientos o por la forma de percepción.
- Binarios. Combinan métodos de enseñanza junto con los métodos de aprendizaje.

Danilov M.A. y Skatkin M.N., (1980), formularon una de las clasificaciones más utilizadas en la pedagogía en la actualidad:

- Expositivos, trabajo independiente y elaboración conjunta. Estos métodos priorizan el grado de participación de los sujetos de interrelación, en este caso: profesor-estudiante.
- Pasivos o reproductivos y activos o productivos, incluyendo en estos últimos los métodos problémicos. En estos métodos se considera principalmente el grado de dominio o nivel de asimilación del contenido de enseñanza.

Para el objetivo de esta investigación, nos enfocaremos en un método activo o productivo, en combinación con un método expositivo y ambos estarán basados tanto en la explicación de situaciones problemáticas por parte del profesor, como también la solución por parte de los estudiantes. De tal forma, que la secuencia que se lleva en el aula de clases en la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica es la siguiente:

- Exposición del tema o conferencia presencial por parte del profesor, presentando de manera detallada la solución de problemas en base a los principios y leyes físicas correspondientes; y después la utilización de las herramientas matemáticas requeridas para la solución del problema.
- Replica por parte de los estudiantes en el aula de clase de una situación similar, para ir poco avanzando hacia variantes del mismo tema, pero con soluciones que conlleven a los mismos principios físicos, no así con la misma forma de aplicar las herramientas matemáticas.

- Aplicación de un problemario por equipo de trabajo en el aula de clase, con diversas situaciones problemáticas. El objetivo del problemario, es la introducción de los estudiantes en el trabajo por equipo, así como el compartir el conocimiento y aprender de sus compañeros.
- Aplicación de un examen de fase, que muestra la real comprensión o dominio del conocimiento de la Unidad de Aprendizaje.

Por lo tanto, podemos indicar que esta investigación se basa prácticamente en una metodología basada en problemas, de forma híbrida, donde parte de la enseñanza recae totalmente en el profesor y otra parte se centra en el estudiante. De la secuencia mostrada, para realizar un estudio del desempeño académico del estudiante, utilizaremos el examen de fase (uno por cada fase) para mostrar cuantitativamente el grado de dominio de la Ingeniería Eléctrica en base a los conceptos o leyes físicas y herramientas matemáticas utilizadas en la solución de problemas.

Antes de concluir esta sección y ya que tenemos definido nuestro objetivo, y los enfoques y métodos de enseñanza a utilizar, es necesario, revisar la forma en cómo se debe de elaborar un problema o reactivo, con la meta de medir el grado de conocimiento de un estudiante. Para esta revisión, seguiremos la línea del Instituto Tecnológico Cerro Azul, en su Metodología para la elaboración de reactivos basados en competencias (2022), el cual establece que: un reactivo es la formulación de una proposición o un problema para que sea contestado por un sujeto, con el fin de conocer el nivel de dominio de un tema o área de conocimiento determinado. Esto es, a través de los reactivos se concreta la solicitud de información acerca del rendimiento del estudiante en las diversas áreas curriculares. Se obtiene tanta información relevante como reactivos bien diseñados integremos en el examen. Además, el Instituto Tecnológico Cerro Azul, nos indica cuales son los propósitos principales en un examen:

- Obtener evidencias tangibles acerca del grado de dominio que muestra un estudiante sobre un contenido disciplinar.
- Obtener evidencias tangibles acerca del nivel de desarrollo de habilidades que muestra un estudiante.
- Obtener evidencias tangibles acerca de los errores conceptuales o de procedimiento en que incurre un estudiante al abordar la solución de problemas que implican contar con el dominio de un contenido disciplinar o cierto desarrollo de una habilidad.

Existen diferentes tipos de reactivos que se pueden utilizar al momento de redactar un examen. En función del objetivo que se busca con cada uno de ellos y del modo en que se plantean, los reactivos se clasifican de la forma siguiente en base al Manual para la elaboración de exámenes escritos, entregas y exámenes orales de la Universidad Anáhuac, México (2016). Los reactivos de respuesta abierta se definen como preguntas que requieren de una redacción, o bien, buscan una respuesta más amplia con base a una reflexión y análisis. Son más complejas y requieren de más tiempo para su elaboración. Algunos de estos reactivos son:

- Respuesta restringida
- Respuesta extensiva.

Los reactivos de respuesta estructurada se definen como las preguntas en donde el estudiante no tiene que redactar una respuesta. Son rápidas de contestar, son concretas y permiten una codificación más acertada. Algunos de estos reactivos son:

- Opción múltiple
- Respuesta alterna (verdadero/falso)
- Relación de conceptos
- Jerarquización: orden lógico, completamiento, gráficas.

De acuerdo con la clasificación presentada, en esta investigación utilizaremos los reactivos de respuesta abierta, del tipo particular de respuesta extensiva, dentro de los cuales se incluyen desarrollos, ensayos, casos y problemas. Por ende, para la realización de los exámenes de cada fase de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica, utilizaremos la respuesta extensiva a manera de solución de problemas, con planteamiento, desarrollo, e interpretación de la solución obtenida.

### 2.3 Metodología experimental

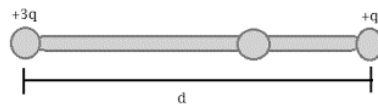
En esta investigación mediremos el grado de conocimiento o desempeño académico de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica, en la Licenciatura en Ingeniería en Industrias Alimentarias correspondiente a los planes vigentes 420 y 430 en la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Con el fin de lograr este objetivo, utilizaremos un método cuantitativo basado en la recopilación y análisis estadístico descriptivo de los datos obtenidos, donde la recopilación de los datos será proporcionada por los exámenes de cada fase durante el semestre.

Para esta investigación recurrimos a dos grupos de estudiantes el grupo I5A del plan de estudios 420 (I5A-420), y el grupo I5A del plan de estudios 430 (I5A-430); ambos grupos correspondientes fueron evaluados en el mismo periodo de tiempo durante el semestre enero-junio de 2024. Igualmente, a ambos grupos se les aplicó el mismo examen durante su correspondiente fase. Cada uno de los exámenes consta de tres reactivos de respuesta abierta extensiva, en donde se les evaluó el planteamiento en base a la interpretación de los conceptos y leyes físicas, la aplicación y manipulación matemática de esos principios o leyes físicas y finalmente la interpretación física del resultado obtenido. En cada uno de estos tres elementos evaluadores, utilizamos como escala: mala, regular, buena y excelente la forma en que los estudiantes muestran su dominio de las herramientas físicas y matemáticas de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica. Comenzaremos mostrando los reactivos objeto de evaluación para cada una de las fases de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica.

#### Examen de la Fase 1

**Reactivo 1.** Dos esferas pequeñas con cargas positivas  $3q$  y  $q$  están fijas en los extremos de una varilla aislante horizontal, que se extiende desde el origen hasta el punto  $x = d$ . Como se puede observar en la figura 1, existe una tercera esfera pequeña con carga que puede deslizarse con libertad sobre la varilla. ¿En qué posición deberá estar la tercera esfera para estar en equilibrio?

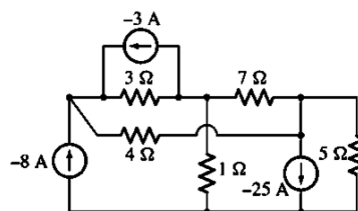
Figura 1.



Reactivo 1. Serway, R. & Jewet, J. W. (2009).

**Reactivo 2.** Determine los voltajes de nodo en el circuito mostrado en la figura 2.

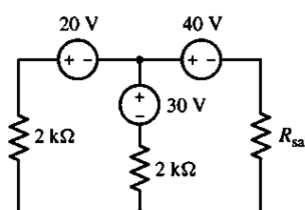
Figura 2.



Reactivo 2. Hayt, W., Kemmerly, J., Durbin, S., (2012).

**Reactivo 3.** Para el circuito de la figura 3, obtenga la resistencia  $R_{sal}$ , así como la máxima potencia transferida en esa resistencia.

Figura 3.



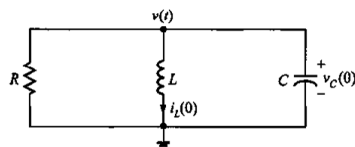
Reactivo 3. Hayt, W., Kemmerly, J., Durbin, S., (2012).

## Examen de la Fase 2

**Reactivo 1.** Se aplica una fuerza electromotriz de 200v a un circuito en serie RC, en el que la resistencia tiene un valor de 200 ohm y la capacitancia  $5 \times 10^6$  faradios. Obtenga la respuesta transitoria para la carga eléctrica y evalúe esta respuesta a  $t = 0.005$  (Zill, G. Denis, 2009).

**Reactivo 2.** Obtenga la respuesta transitoria completa para la corriente eléctrica  $i(t)$  en el circuito de la figura 4. Dónde:  $R = 2\Omega$ ,  $C = 0.5F$  y  $L = 5H$ . Considere como condición inicial  $v(o) = 0v$ .

Figura 4.



Reactivo 2. Irwin, D., (1997).

**Reactivo 3.** Una resistencia de  $40\Omega$ , una bobina de  $4H$  y un condensador de  $0.25F$ , se conectan en serie, a una fuente de voltaje dada por la función:  $V = 6e^{3t}$ , v. Obtenga la solución particular para  $i_p(t)$  en un tiempo muy largo si  $i(0) = 0A$ , cuando el interruptor ha sido cerrado.

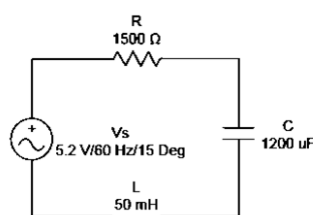
## Examen de la Fase 3

**Reactivo 1.** Obtenga el valor eficaz (RMS) de una señal de corriente eléctrica dada por la siguiente expresión (Fitzgerald, A.E & Higginbotham, S.M., 1970):

$$i = 8.5 \text{sen}(6.280 + \pi/2), \quad A$$

**Reactivo 2.** Halla la impedancia en cada elemento, para un inductor  $L = 50 \text{ mH}$ , un capacitor  $C = 1200 \mu\text{F}$  y un resistor  $R = 1500 \Omega$ , conectados en serie (como se ilustra en la figura 5), y están alimentados por una señal senoidal permanente  $v(t) = 5.2 \cos(377t + 15^\circ)$  volts.

Figura 5.



Reactivo 2. Villaseñor, J., (2001).

**Reactivo 3.** Un motor eléctrico se monitorea con un con un amperímetro, un voltímetro y un vatímetro, los cuales indican  $5.2A$ ,  $120v$  y  $480w$ , respectivamente. Considere una frecuencia estándar de  $60\text{cps}$ . A) ¿Cuál es la potencia reactiva del motor? B) Para mejorar el factor de potencia del motor, un capacitor se conecta directamente a través de las terminales del motor. ¿Qué valor de capacitancia nos otorgara el valor del factor de potencia unitario? (Cogdell, J.R., 2000).

A continuación, nos centraremos en obtener las herramientas físicas y matemáticas que los estudiantes deben de mostrar como dominio pleno de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica. Para cada examen de fase, se expone una tabla correspondiente con la indicación de estas herramientas de aprendizaje, esta información se puntualiza en las tablas 6, 7 y 8.

Tabla 6.

Reactivos del examen en la Fase 1	Herramientas físicas y matemáticas por utilizar
Reactivo 1	<b>Herramientas matemáticas:</b> despejes algebraicos, ecuaciones cuadráticas, trigonometría plana. <b>Herramientas físicas:</b> fuerza, sumatoria de fuerzas, equilibrio, diagramas vectoriales.
Reactivo 2	<b>Herramientas matemáticas:</b> sistemas de ecuaciones lineales, matrices, determinantes. <b>Herramientas físicas:</b> análisis de la malla o lazo y nodo.
Reactivo 3	<b>Herramientas matemáticas:</b> sistemas de ecuaciones lineales, criterio de la primera derivada. <b>Herramientas físicas:</b> análisis de la malla o lazo y nodo, reducción de circuitos.

Herramientas matemáticas y físicas por reactivo, en el examen de la fase 1 de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica.

Tabla 7.

Reactivos del examen en la Fase 2	Herramientas físicas y matemáticas por utilizar
Reactivo 1	<b>Herramientas matemáticas:</b> ecuaciones diferenciales ordinarias de primer orden, método de separación de variables. <b>Herramientas físicas:</b> leyes de corrientes y de voltajes de Kirchhoff, ley de Ohm.
Reactivo 2	<b>Herramientas matemáticas:</b> ecuaciones diferenciales ordinarias de segundo orden, método de coeficientes constantes, números complejos. <b>Herramientas físicas:</b> leyes de corrientes y de voltajes de Kirchhoff, ley de Ohm.
Reactivo 3	<b>Herramientas matemáticas:</b> ecuaciones diferenciales ordinarias de segundo orden, método de coeficientes indeterminados, <b>Herramientas físicas:</b> leyes de corrientes y de voltajes de Kirchhoff, ley de Ohm.

Herramientas matemáticas y físicas por reactivo, en el examen de la fase 2 de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica.

Tabla 8.

Reactivos del examen en la Fase 3	Herramientas físicas y matemáticas por utilizar
Reactivo 1	<b>Herramientas matemáticas:</b> integración de funciones seno-dales. <b>Herramientas físicas:</b> valores eficaces de corriente y voltaje.
Reactivo 2	<b>Herramientas matemáticas:</b> forma rectangular y polar de un número complejo. <b>Herramientas físicas:</b> equivalencia física del fasor con la función seno.
Reactivo 3	<b>Herramientas matemáticas:</b> Trigonometría plana. <b>Herramientas físicas:</b> ley de Ohm, concepto de potencia eléctrica.

Herramientas matemáticas y físicas por reactivo, en el examen de la fase 3 de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica

### 3. Resultados

Durante transcurso del semestre enero-junio 2024, se aplicaron estos exámenes a los estudiantes de los grupos: I5A del plan de estudios 420 (I5A-420), e I5A del plan de estudios 430 (I5A-430). Donde la cantidad de estudiantes inscritos en el grupo I5A-420 fue de 19 estudiantes, y del I5A-430 fue de 29 estudiantes. El desempeño académico mostrado en la utilización de las herramientas físicas, en base a nuestro objetivo y la escala propuesta en esta investigación para el grupo I5A-420 se muestran en las tablas 9 y 10.

Tabla 9.

Reactivos del examen en la Fase 1 grupo I5A-420	Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas físicas	Reactivos del examen en la Fase 2 grupo I5A-420	Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas físicas
Reactivo 1	<b>Malo: 10</b> <b>Regular: 2</b> <b>Bueno: 4</b> <b>Excelente: 3</b>	Reactivo 1	<b>Malo: 8</b> <b>Regular: 7</b> <b>Bueno: 3</b> <b>Excelente: 1</b>
Reactivo 2	<b>Malo: 5</b> <b>Regular: 5</b> <b>Bueno: 4</b> <b>Excelente: 5</b>	Reactivo 2	<b>Malo: 7</b> <b>Regular: 6</b> <b>Bueno: 4</b> <b>Excelente: 2</b>
Reactivo 3	<b>Malo: 8</b> <b>Regular: 5</b> <b>Bueno: 2</b> <b>Excelente: 4</b>	Reactivo 3	<b>Malo: 10</b> <b>Regular: 5</b> <b>Bueno: 3</b> <b>Excelente: 1</b>

*Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas físicas en los reactivos del examen de las fases 1 y 2 de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica. Grupo I5A-420.*

Tabla 10.

Reactivos del examen en la Fase 3 grupo I5A-420	Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas físicas
Reactivo 1	<b>Malo: 2</b> <b>Regular: 3</b> <b>Bueno: 3</b> <b>Excelente: 11</b>
Reactivo 2	<b>Malo: 4</b> <b>Regular: 4</b> <b>Bueno: 6</b> <b>Excelente: 5</b>
Reactivo 3	<b>Malo: 3</b> <b>Regular: 1</b> <b>Bueno: 6</b> <b>Excelente: 9</b>

*Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas físicas en los reactivos del examen de la fase 3 de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica. Grupo I5A-420.*

El desempeño obtenido considerando el rubro de la utilización de las herramientas matemáticas, en base a nuestro objetivo y la escala propuesta en esta investigación para el grupo I5A-420 los resultados, se muestran en las tablas 11 y 12.

**Tabla 11.**

Reactivos del examen en la Fase 1 grupo I5A-420	Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas matemáticas	Reactivos del examen en la Fase 2 grupo I5A-420	Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas matemáticas
Reactivo 1	<b>Malo: 12</b> <b>Regular: 1</b> <b>Bueno: 3</b> <b>Excelente: 3</b>	Reactivo 1	<b>Malo: 6</b> <b>Regular: 5</b> <b>Bueno: 4</b> <b>Excelente: 4</b>
Reactivo 2	<b>Malo: 4</b> <b>Regular: 4</b> <b>Bueno: 6</b> <b>Excelente: 5</b>	Reactivo 2	<b>Malo: 8</b> <b>Regular: 7</b> <b>Bueno: 2</b> <b>Excelente: 2</b>
Reactivo 3	<b>Malo: 7</b> <b>Regular: 6</b> <b>Bueno: 3</b> <b>Excelente: 3</b>	Reactivo 3	<b>Malo: 8</b> <b>Regular: 4</b> <b>Bueno: 5</b> <b>Excelente: 2</b>

*Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas matemáticas en los reactivos del examen de las fases 1 y 2 de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica. Grupo I5A-420.*

**Tabla 12.**

Reactivos del examen en la Fase 3 grupo I5A-420	Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas matemáticas
Reactivo 1	<b>Malo: 1</b> <b>Regular: 4</b> <b>Bueno: 4</b> <b>Excelente: 10</b>
Reactivo 2	<b>Malo: 6</b> <b>Regular: 5</b> <b>Bueno: 5</b> <b>Excelente: 3</b>
Reactivo 3	<b>Malo: 5</b> <b>Regular: 7</b> <b>Bueno: 4</b> <b>Excelente: 3</b>

*Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas matemáticas en los reactivos del examen de la fase 3 de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica. Grupo I5A-420.*

Para el grupo I5A-430, los resultados obtenidos en la utilización de las herramientas físicas en las tablas 13 y 14.

**Tabla 13.**

<b>Reactivos del examen en la Fase 1 grupo I5A-430</b>	<b>Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas físicas</b>	<b>Reactivos del examen en la Fase 2 grupo I5A-430</b>	<b>Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas físicas</b>
Reactivo 1	<b>Malo: 18 Regular: 4 Bueno: 5 Excelente: 2</b>	Reactivo 1	<b>Malo: 14 Regular: 10 Bueno: 3 Excelente: 2</b>
Reactivo 2	<b>Malo: 13 Regular: 6 Bueno: 7 Excelente: 3</b>	Reactivo 2	<b>Malo: 9 Regular: 9 Bueno: 7 Excelente: 4</b>
Reactivo 3	<b>Malo: 15 Regular: 7 Bueno: 3 Excelente: 4</b>	Reactivo 3	<b>Malo: 12 Regular: 8 Bueno: 6 Excelente: 3</b>

*Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas físicas en los reactivos del examen de las fases 1 y 2 de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica. Grupo I5A-430.*

**Tabla 14.**

<b>Reactivos del examen en la Fase 3 grupo I5A-430</b>	<b>Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas físicas</b>
Reactivo 1	<b>Malo: 4 Regular: 6 Bueno: 10 Excelente: 9</b>
Reactivo 2	<b>Malo: 7 Regular: 7 Bueno: 8 Excelente: 7</b>
Reactivo 3	<b>Malo: 9 Regular: 8 Bueno: 8 Excelente: 4</b>

*Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas físicas en los reactivos del examen de la fase 3 de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica. Grupo I5A-430.*

Ahora vamos a presentar en las tablas 15 y 16 el desempeño obtenido en la utilización de las herramientas matemáticas, en base a nuestro objetivo y la escala propuesta en esta investigación para el grupo I5A-430.

Tabla 15.

Reactivos del examen en la Fase 1 grupo I5A-430	Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas matemáticas	Reactivos del examen en la Fase 2 grupo I5A-430	Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas matemáticas
Reactivo 1	<b>Malo: 15</b> <b>Regular: 3</b> <b>Bueno: 2</b> <b>Excelente: 9</b>	Reactivo 1	<b>Malo: 11</b> <b>Regular: 10</b> <b>Bueno: 5</b> <b>Excelente: 3</b>
Reactivo 2	<b>Malo: 8</b> <b>Regular: 3</b> <b>Bueno: 9</b> <b>Excelente: 9</b>	Reactivo 2	<b>Malo: 10</b> <b>Regular: 12</b> <b>Bueno: 6</b> <b>Excelente: 1</b>
Reactivo 3	<b>Malo: 10</b> <b>Regular: 7</b> <b>Bueno: 6</b> <b>Excelente: 6</b>	Reactivo 3	<b>Malo: 14</b> <b>Regular: 6</b> <b>Bueno: 7</b> <b>Excelente: 2</b>

Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas matemáticas en los reactivos del examen de las fases 1 y 2 de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica. Grupo I5A-430.

Tabla 16.

Reactivos del examen en la Fase 3 grupo I5A-430	Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas matemáticas
Reactivo 1	<b>Malo: 5</b> <b>Regular: 9</b> <b>Bueno: 6</b> <b>Excelente: 9</b>
Reactivo 2	<b>Malo: 6</b> <b>Regular: 8</b> <b>Bueno: 10</b> <b>Excelente: 5</b>
Reactivo 3	<b>Malo: 11</b> <b>Regular: 9</b> <b>Bueno: 6</b> <b>Excelente: 3</b>

Número de respuestas de los estudiantes en base a las escalas de desempeño en la utilización de las herramientas matemáticas en los reactivos del examen de la fase 3 de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica. Grupo I5A-430.

El objetivo que todo profesor busca es la excelencia en el desempeño académico y, por consiguiente, que los estudiantes logren plasmar de manera idónea los contenidos temáticos enseñados en clase. Por esta razón, decidimos utilizar el indicador de “excelente” de las escalas mostradas en las tablas previas, y con este indicador mostrar un porcentaje de

estudiantes con excelente desempeño en la comprensión de las herramientas físicas y matemáticas de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica. En base a la fórmula (1):

$$\% \text{ excelencia} = \frac{\text{número de estudiantes excelentes}}{\text{total de estudiantes del grupo}} (100) \quad (1)$$

De tal forma que al aplicar la fórmula (1) a cada grupo objeto de evaluación se obtienen los siguientes porcentajes por examen de fase.

- Utilización de herramientas físicas en el grupo I5A-420:

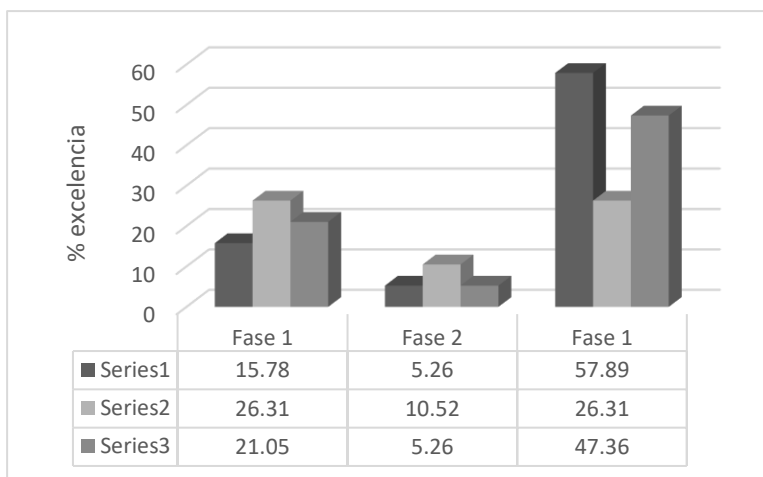
Tabla 17.

Reactivo	% <i>excelencia</i> Fase 1	% <i>excelencia</i> Fase 2	% <i>excelencia</i> Fase 1
1	15.78	5.26	57.89
2	26.31	10.52	26.31
3	21.05	5.26	47.36

Porcentaje de estudiantes con desempeño excelente, en la utilización de las herramientas físicas en los reactivos del examen de las fases 1,2 y 3 de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica. Grupo I5A-420.

El correspondiente diagrama de barras para la tabla 17, se muestra en la figura 6.

Figura 6.



Grafica de barras con los porcentajes de estudiantes con desempeño excelente en la utilización de las herramientas físicas en los reactivos del examen de las fases 1,2 y 3 Grupo I5A-420.

- Utilización de herramientas físicas en el grupo I5A-430:

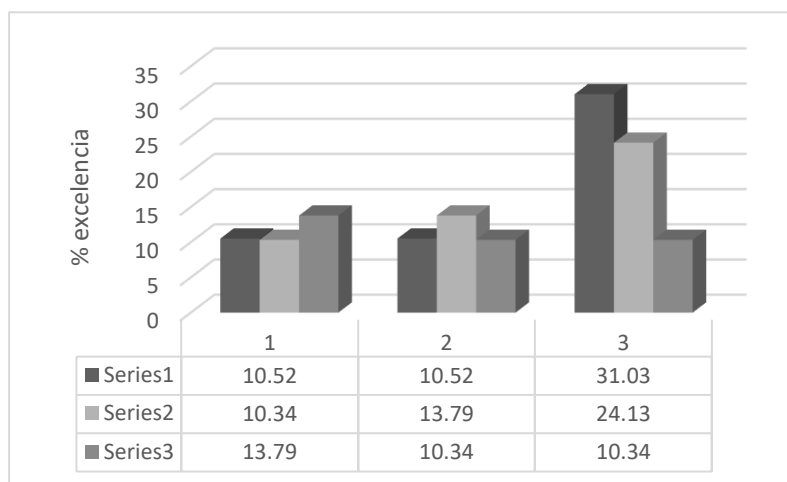
Tabla 18.

Reactivo	% <i>excelencia</i> Fase 1	% <i>excelencia</i> Fase 2	% <i>excelencia</i> Fase 1
1	10.52	10.52	31.03
2	10.34	13.79	24.13
3	13.79	10.34	10.34

Porcentaje de estudiantes con desempeño excelente, en la utilización de las herramientas físicas en los reactivos del examen de las fases 1,2 y 3 de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica. Grupo I5A-430.

El correspondiente diagrama de barras para la tabla 18, se muestra en la figura 7.

Figura 7.



Grafica de barras con los porcentajes de estudiantes con desempeño excelente en la utilización de las herramientas físicas en los reactivos del examen de las fases 1,2 y 3 Grupo I5A-430.

- Utilización de herramientas matemáticas en el grupo I5A-420:

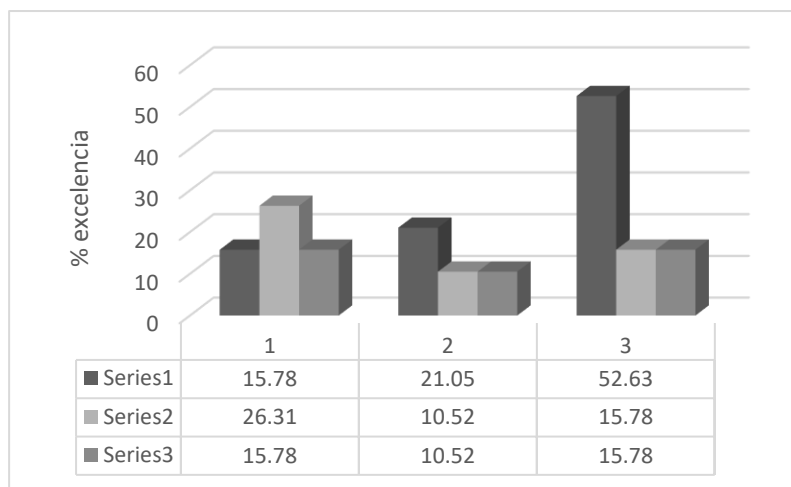
Tabla 19.

Reactivo	% <i>excelencia</i> Fase 1	% <i>excelencia</i> Fase 2	% <i>excelencia</i> Fase 1
1	15.78	21.05	52.63
2	26.31	10.52	15.78
3	15.78	10.52	15.78

Porcentaje de estudiantes con desempeño excelente, en la utilización de las herramientas matemáticas en los reactivos del examen de las fases 1,2 y 3 de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica. Grupo I5A-420.

El correspondiente diagrama de barras para la tabla 19, se muestra en la figura 8.

Figura 8.



Grafica de barras con los porcentajes de estudiantes con desempeño excelente en la utilización de las herramientas matemáticas en los reactivos del examen de las fases 1,2 y 3 Grupo I5A-420.

- Utilización de herramientas matemáticas en el grupo I5A-430:

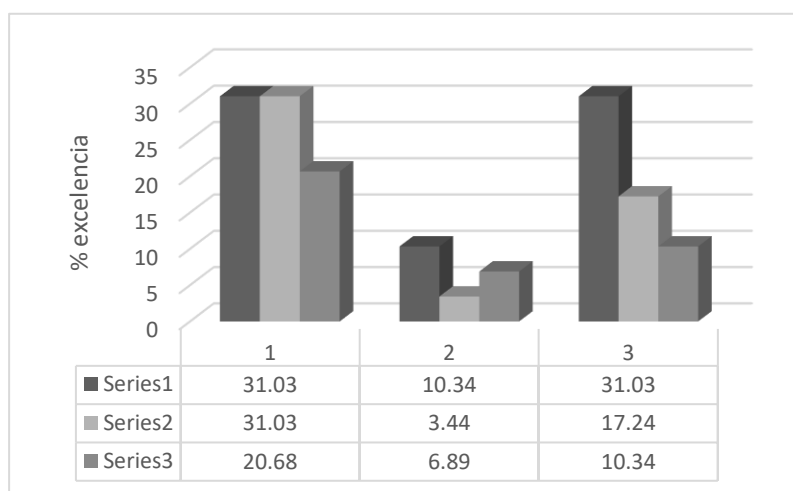
Tabla 20.

Reactivo	% <i>excelencia</i> Fase 1	% <i>excelencia</i> Fase 2	% <i>excelencia</i> Fase 1
1	31.03	10.34	31.03
2	31.03	3.44	17.24
3	20.68	6.89	10.34

Porcentaje de estudiantes con desempeño excelente, en la utilización de las herramientas matemáticas en los reactivos del examen de las fases 1,2 y 3 de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica. Grupo I5A-430.

El correspondiente diagrama de barras para la tabla 20, se muestra en la figura 9.

Figura 9.



Grafica de barras con los porcentajes de estudiantes con desempeño excelente en la utilización de las herramientas matemáticas en los reactivos del examen de las fases 1,2 y 3 Grupo I5A-430.

Al analizar los resultados obtenidos, en cuanto al desempeño de excelencia con respecto a las herramientas físicas, se puede apreciar que existe una tendencia al alza en el examen de la fase 3. Podemos aludir este comportamiento a que los conceptos físicos de la fase 3, son muy similares a los conceptos de la fase 1, debido a que prácticamente son las mismas técnicas de solución de circuitos eléctricos, únicamente con la salvedad de que se utiliza el concepto de corriente alterna en lugar de el de corriente directa. En lo que concierne a la fase 2, aquí se presenta en ambos grupos (I5A-420 e I5A-430) la dificultad de comprender qué tipo de ley física (corrientes o voltajes de Kirchhoff) a utilizar bajo las siguientes condiciones:

- Si el circuito esta en paralelo o en serie.
- Si el interruptor ha estado abierto o cerrado durante mucho tiempo.
- El comportamiento de los inductores o capacitores, al abrir o cerrar un interruptor de corriente.
- El conectar o desconectar una fuente de voltaje.

Estas condiciones si son un detonante en el planteamiento del reactivo de examen, debido a que condicionan drásticamente la solución matemática del mismo. ¿Qué podemos indicar acerca del dominio de habilidades matemáticas? Lo que nos muestran los resultados en las gráficas para ambos grupos, es que existen una notoria deficiencia en la aplicación del modelado con ecuaciones diferenciales ordinarias, esto es mucho más marcado en el grupo I5A-430, que en el I5A-420. En base a conversaciones con estudiantes del plan 430, ellos aluden esta falta de comprensión de la Unidad de Aprendizaje de Ecuaciones Diferenciales a la falta de ejercicios presenciales en las Unidades de Aprendizaje de Calculo Diferencial y Calculo Integral. Otro factor más que atribuyen los estudiantes, es la falta de problemas aplicados de las ecuaciones diferenciales ordinarias, como verdaderas situaciones problémicas de ingeniería. En lo que corresponde al examen de la fase 1, el grupo I5A-430 si presenta un mejor dominio de las herramientas matemáticas, sobre todo del algebra matricial, que el I5A-420. Finalmente, en la fase 3, de nueva cuenta ambos grupos obtienen resultados similares en el manejo de funciones senoidales, trigonometría plana y algebra compleja.

En el Programa Analítico de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica, cada examen de fase tiene un valor del 15% de la calificación total del semestre, a esto le debemos de sumar el 10% de la evaluación de problemarios por equipo, también uno por fase y el producto integrador de aprendizaje con valor de 25% al final del semestre. En la tabla 21 se ilustran estas actividades y sus respectivos porcentajes de evaluación.

**Tabla 21.**

Prueba objetiva de la fase 1 (Actividad ponderada 1.1).	15%
<b>Evidencia 1:</b> Problemario de la fase 1.	10%
Prueba objetiva de la fase 2 (Actividad ponderada 2.1).	15%
<b>Evidencia 2:</b> Problemario de la fase 2.	10%
Prueba objetiva de la fase 3 (Actividad ponderada 3.1).	15%
<b>Evidencia 3:</b> Problemario de la fase 3.	10%
<b>Producto integrador de aprendizaje</b>	25%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

*Evaluación Integral de Procesos y Productos de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica. Grupos I5A-420 e I5A-430. Programa Analítico realizado por Luna, Alejandro y Ortiz, Miranda Abigail, (2020).*

Para concluir la sección de resultados, es importante exponer el rango de calificaciones obtenidas por cada grupo al final del semestre enero-junio 2024, considerando que todos los estudiantes se encuentran en primera oportunidad (el grupo I5A-430, si cumple este criterio), y ya considerando toda la Evaluación Integral de Procesos y Productos que se indica en la tabla 22.

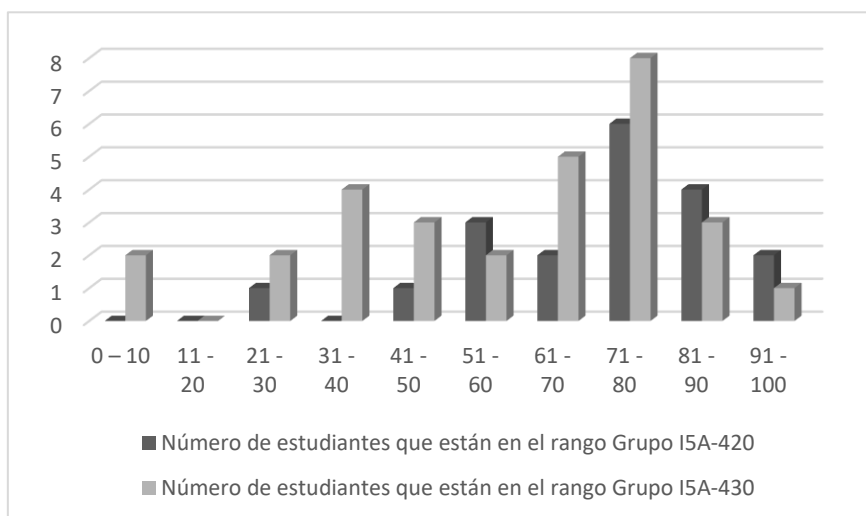
Tabla 22.

Rango de calificaciones en puntos de 0 a 100	Número de estudiantes que están en el rango Grupo I5A-420	Número de estudiantes que están en el rango Grupo I5A-430
0 - 10	0	2
11 - 20	0	0
21 - 30	1	2
31 - 40	0	4
41 - 50	1	3
51 - 60	3	2
61 - 70	2	5
71 - 80	6	8
81 - 90	4	3
91 - 100	2	1
<b>Total de estudiantes</b>	<b>19</b>	<b>29</b>

Rango de calificaciones obtenidas por los estudiantes de los grupos I5A-420 e I5A-430 en la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica.

Los rangos de calificaciones obtenidos por ambos grupos de estudiantes se muestran gráficamente en la figura 10.

Figura 10.



Grafica de barras con los rangos de calificaciones obtenidas al final del semestre por los estudiantes de los grupos I5A-420 e I5A-430.

Como se puede apreciar en la figura 10, la mayor parte de las calificaciones obtenidas por ambos grupos está en los rangos de 60 puntos a 90 puntos. En el nivel de licenciatura, la calificación mínima aprobatoria es 70, por lo que el número de estudiantes que aprobaron la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica en primera oportunidad se muestra en la tabla 23:

Tabla 23.

Grupo	Número de estudiantes con calificación aprobatoria (70 puntos a 100 puntos)
I5A-420	11
I5A-430	14

Número de estudiantes aprobados en los grupos I5A-420 e I5A-430 en la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica.

Por lo tanto, el índice o porcentaje de aprobación de los estudiantes queda definido por la fórmula (2):

$$\text{índice de aprobación} = \frac{\text{estudiantes con calificación igual o mayor a 70}}{\text{total de estudiantes del grupo}}(100) \quad (2)$$

De tal manera que el índice de estudiantes aprobados, en base a la tabla 23 queda como sigue:

- Grupo I5A-420

$$\text{índice de aprobación} = \frac{11}{19}(100) = 57.89\%$$

- Grupo I5A-430

$$\text{índice de aprobación} = \frac{14}{29}(100) = 48.27\%$$

Por lo que, desde el punto de vista cuantitativo del índice de aprobación, podemos indicar que hay una mayor comprensión de las herramientas físicas y matemáticas por parte de los estudiantes del grupo I5A-420. En la siguiente sección se discutirán cuáles son las posibles causas de este resultado.

#### 4. Discusión

De los resultados mostrados en la sección anterior se desprende el siguiente análisis, en primer lugar, es evidente que, aunque existan una mayor cantidad de Unidades de Aprendizaje del área de ciencias básicas (Álgebra Lineal, Física, Cálculo Diferencial, Cálculo Integral y Ecuaciones Diferenciales) en el plan 430, con respecto al plan 420; con lo que comprobamos nuestra hipótesis presentada en la introducción de este artículo. Podemos indicar que una causa que acaba por determinar el nivel de dominio de las herramientas físicas y matemáticas en la asignatura de Ingeniería Eléctrica es el número de frecuencias presenciales en los dos primeros semestres de la carrera, es decir, los estudiantes si se ven afectados en solo tener un día a la semana clase (dos horas de Física, por ejemplo). Los comentarios que los estudiantes nos hacen llegar, es que faltan explicaciones de problemas por parte del profesor, y que no basta con encargar ejercicios de la plataforma Nexus, si no pueden resolverlos. La situación para los estudiantes del plan 420, es un poco más fácil de resolver, esto es dedicando una parte de clase a explicación de la física fundamental, ya que ellos si llevaron todas las asignaturas mencionadas en forma presencial. Ahora para ambos grupos si se ven afectados en la comprensión de las Ecuaciones Diferenciales, en el caso del grupo I5A-420, porque la están cursando al mismo tiempo que Ingeniería Eléctrica; no obstante, en el caso del grupo I5A-430, porque los estudiantes presentan deficiencias en el Cálculo Diferencial y en Cálculo Integral, debido a la falta de frecuencias presenciales.

En segundo lugar, hay un factor poco visible, pero de gran importancia en la comprensión de las ciencias exactas básicas; nos estamos refiriendo a los cursos propedéuticos, sobre todo a partir de la implementación del plan 430, con la cual también se implementaron dos cursos propedéuticos: uno de herramientas matemáticas (Ortiz, Miranda, A., 2022) para primer semestre y uno de herramientas físicas para segundo semestre (Ortiz, Miranda, A., 2023). En ambos cursos tenemos el problema de la falta de seriedad y asistencia a estos cursos, lo que conlleva a la falta de estas bases físicas y matemáticas, que después se ocuparán durante el semestre y Unidades de Aprendizaje ya mencionadas. Una medida que podría ayudar a mejorar el desempeño académico en las habilidades físicas y matemáticas de los estudiantes sería implementar la aprobación obligatoria de los cursos propedéuticos.

Un tercer aspecto es considerar el cambio de modalidad o de plan de estudios, en donde todos los semestres de la Licenciatura en Ingeniería en Industrias Alimentarias, y rediseñar los Programas Analíticos de las Unidades de Aprendizaje de ciencias exactas básicas, en base a las experiencias (tipos de temas y situaciones problemáticas a enfocar con prioridad) de los profesores de las Unidades de Aprendizaje del área propiamente de ingeniería. Sin embargo, este tercer aspecto podría considerarse como una medida a largo plazo.

En cuanto a la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica, se tiene contemplado a futuro la implementación de las prácticas virtuales de laboratorio, cuyo manual de prácticas ya existe en formato electrónico (Ortiz, Miranda, A., 2020), y hay software de uso libre como PHET y PSPICE que nos ayudan a comprender los fenómenos eléctricos sin

riesgo alguno. El uso de este manual de prácticas y software producirían un rediseño del Programa Analítico, y por ende de las evaluaciones ponderadas, además de abrir una nueva investigación pedagógica de la esta Unidad de Aprendizaje. Finalmente, también es posible considerar para trabajos futuros, el uso de los lenguajes de programación en la solución de problemas de Ingeniería Eléctrica, lo que ayudara al estudiante cuando curse las Unidades de Aprendizaje de Mecatrónica y Control de Procesos Alimentarios.

## 5. Conclusiones

En la investigación presentada en este artículo, nos propusimos como hipótesis de que el rendimiento académico de los estudiantes en la Licenciatura en Ingeniería en Industrias Alimentarias es mayor en el plan 420 que en el plan 430, tomando como parámetro la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica en el cuarto semestre de ambos planes de estudio. Los resultados obtenidos en esta investigación nos comprueban experimentalmente esta hipótesis. Para comprobar la hipótesis, se diseñó un experimento cuantitativo en base de medir el desempeño académico de los estudiantes de dos grupos de Ingeniería Eléctrica (I5A-420 e I5A-430). El instrumento para la medición del desempeño académico en la utilización de las herramientas físicas y matemáticas fue el examen parcial, el cual se aplicó uno por cada fase, como indica el Programa Analítico de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica. Los exámenes se diseñaron en acuerdo con el método de enseñanza llevado en clase, es decir, un aprendizaje significativo basado en problemas, de tal manera que el tipo de reactivo en los exámenes fue el de respuesta abierta extensiva. En estos reactivos, se evaluaron los siguientes parámetros:

- Planteamiento del problema, en base a los conceptos físicos requeridos.
- Solución del problema aplicando las técnicas matemáticas correspondientes.
- Interpretación de la solución obtenida, de nueva cuenta, atendiendo a los principios físicos citados.

Se propuso una escala de evaluación para cada uno de estos tres parámetros, con los siguientes indicadores: malo, regular, bueno y excelente; y utilizamos el indicador más alto de desempeño, es decir excelente, para realizar el estudio estadístico descriptivo. Podemos indicar que el desempeño académico utilizando tanto herramientas físicas como matemáticas por parte de los estudiantes, fue más alto en el examen de la fase 3 y el rendimiento más bajo, se obtuvo en la fase 2. Lo anterior nos revela que existen deficiencias en la comprensión de las leyes de Kirchhoff aplicadas a los circuitos en serie y paralelo; además de mostrar carencias en los planteamientos del análisis transitorio. La parte concerniente a las herramientas matemáticas mostro graves fallas en la utilización del modelado con ecuaciones diferenciales de primer y segundo orden, lo que puede atribuirse como ya se ha mencionado, a la falta de dominio de técnicas de derivación e integración.

Dentro del análisis estadístico, obtuvimos también el índice de aprobación en base a los estudiantes, en cual consideramos toda la Evaluación de Procesos y productos (ver tabla 21), y fue calculado por la formula (2). El resultado obtenido para el grupo I5A-420 fue de un índice de aprobación de 57.89% y para el grupo I5A-430 de 48.27%. Resultados que comprueban nuestra hipótesis inicial. Cabe aclarar que el índice de aprobación fue calculado en base a la cantidad total de estudiantes en cada grupo, que cursaron la Unidad de Aprendizaje en primera oportunidad.

## Referencias

1. **Alcoba González, J. (2012).** *La clasificación de los métodos de enseñanza en educación superior.* Contextos Educativos, 15. Madrid.
2. **Álvarez Zayas, C. (1996).** *Hacia una escuela de excelencia.* La Habana, Cuba.
3. **Biggs, J.B. (2003).** *Teaching for quality learning at university.* Buckingham: Society Research in Higher Education and Open University Press.
4. **Cogdell, J. R. (2000).** *Fundamentos de Circuitos Eléctricos.* Pearson Education. Primera edición. México D.F.
5. **Cruz Galindo Pedro Luis. (2023).** *El laboratorio de matemáticas un lugar para vincular la matemática, la física y la ingeniería.* Escuela de Estudios Profesionales Aragón. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Recuperado en julio de 2024.
6. **Danilov, M.A. & Skatkin, M.N. (1980).** *Didáctica de la escuela moderna.* La Habana. Editorial Pueblo y Educación.
7. **Domenicantonio Rossana. (2018).** *Matemática para ingeniería modulo I.* Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de la Plata. Argentina.
8. **Fitzgerald, A.E & Higginbotham, D.E. (1967).** *Fundamentos de Ingeniería Eléctrica.* Editorial Mc Graw Hill.
9. **Flores Cruz, J.A., Avalos Villarreal, E. y Camarena Gallardo, P. (2014).** *Oportunidades de integración de la realidad virtual al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería eléctrica: un análisis desde el enfoque de sistemas.* Instituto Politécnico Nacional (IPN).

10. **Gibbs, G. y Coffey, M. (2004).** *The impact of training of university teachers on their teaching skills, their approach to teaching and the approach to learning of their students.* Active Learning in Higher Education
11. **Hayt, W. & Kemmerly, J. (2012).** *Análisis de circuitos en ingeniería.* Octava edición. Mc. Graw Hill.
12. **Henry Mariña Leyva, Maykop Pérez Martínez y José María Vega. (2021).** *Experiencia de la matemática aplicada a los circuitos eléctricos en la carrera de Ingeniería Eléctrica.* Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría.
13. **Hernández Piña Fuensanta, Maquilón Sánchez Javier y Monroy Hernández Fuensanta. (2012).** *Estudio de los enfoques de enseñanza en profesorado de educación primaria.* Universidad de Murcia. España.
14. **Kember D. & Kwan K. (2000).** *Los enfoques de los profesores sobre la enseñanza y su relación con las concepciones de la buena enseñanza.* Universidad Politécnica de Hong Kong.
15. **Instituto Tecnológico de Cerro Azul. (2022).** *Guía para la elaboración de reactivos.*
16. **Iriarte Balderrama Rafael. (2024)** *Las matemáticas en la ingeniería.* División de Ciencias Básicas. Facultad Ingeniería. UNAM. Recuperado en julio de 2024.
17. **Irwin David, J. (1997).** *Análisis básico de circuitos en ingeniería.* Quinta edición. Prentice Hall Hispanoamericana.
18. **Lagos Figueroa Jaime Arturo. (2017).** *El papel de la física en la formación profesional del ingeniero.* Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium.
19. **Luna, Alejandro y Ortiz, Miranda Abigail, (2020).** *Programa Analítico de la Unidad de Aprendizaje de Ingeniería Eléctrica.* Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).
20. **Luy-Montejo, C. (2019).** *El aprendizaje basado en problemas (ABP) en el desarrollo de la inteligencia emocional de los estudiantes universitarios.* Propósitos y Representaciones. Universidad del Norte. Lima, Perú.
21. **Marra R. Janssen, D.H. Palmer & Luft, S. (2014).** *Why problem-based learning works: theoretical foundations.* Journal of Excellence in College Teaching.
22. **Martínez Yantada M. (1987).** *La enseñanza problemática de la filosofía marxista-leninista.* La Habana. Editorial de Ciencias Sociales.
23. **Neuner, G. (1981).** *Pedagogía.* La Habana: Libros para la Educación.
24. **Navarro Lores Diosveldy & Samon Matos Marynoris. (2017).** *Redefinición de los conceptos de método de enseñanza y método de aprendizaje.* Universidad de Guantánamo. Cuba.
25. **Ortiz, Miranda, A. (2020).** *Manual de prácticas de Ingeniería Eléctrica.* Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).
26. **Ortiz, Miranda, A. (2022).** *Manual de herramientas matemáticas para el cálculo. Curso propedéutico de matemáticas.* Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).
27. **Ortiz, Miranda, A. (2023).** *Manual de herramientas matemáticas para la física. Curso propedéutico de física.* Facultad de Agronomía. Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL).
28. **Postareff, L., Lindblom-Ylänne, S. y Nevgi, A. (2007).** *The effect of pedagogical training on teaching in higher education.* Teaching and Teacher Education
29. **Prosser, M. y Trigwell, K. (1999).** *Understanding learning and teaching: The experience in higher education.* Buckingham: SRHE and Open University Press.
30. **Reyes, G.L. y Pairo, G.E.V. (2009).** *Pedagogía. (4ta ed.)* La Habana: Pueblo y Educación.
31. **Rosell Puig, W., Paneque Ramos, E. (2009).** *Consideraciones generales de los métodos de enseñanza y su aplicación en la etapa del aprendizaje.* Redalyc. Recuperado en julio de 2024.
32. **Salas Perea, R.S., (1999).** *Educación en salud. Competencia y Diseño profesionales.* La Habana, Cuba. Editorial de Ciencias Médicas.
33. **Serway, R. & Jewett, J.W. (2009).** *Física para ciencias e ingeniería.* Volumen 2, Séptima Edición. Cengage Learning.
34. **Trigwell, K. y Prosser, M. (1996a).** *Congruence between intention and strategy in science teachers approach to teaching.* Higher Education.
35. **Trigwell, K., Prosser, M. y Waterhouse, F. (1999).** *Relations between teachers approaches to teaching and students.* Approaches to learning. Higher Education.
36. **Universidad Anáhuac (2016).** *Manual para la elaboración de exámenes escritos, entregas y exámenes orales.* México D.F.
37. **Vermunt, J. D. y Verloop, N. (1999).** *Congruence and friction between learning and teaching.* Learning and Instruction.
38. **Villaseñor, J. (2011).** *Circuitos eléctricos y electrónicos. Fundamentos y técnicas para su análisis.* Primera edición. Pearson Educación. México D.F.
39. **Zill, G. Denis. (2009).** *Ecuaciones Diferenciales.* Novena edición. Cengage Learning.

Artículo

# Evaluación de la eficiencia de coagulantes naturales en el tratamiento de aguas grises provenientes del lavado doméstico

Azalia Guadalupe Cortés-Luna<sup>1</sup>, Héctor Flores-Breceda<sup>1\*</sup>, Juan Antonio Vidales-Contreras<sup>1</sup>, Julia Mariana Marquez-Reyes<sup>1</sup>, Anahí del Carmen Esquivias-Fierro<sup>1</sup>, Celestino Gómez-García<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Av. Francisco Villa S/N, col. Ex Hacienda el Canadá, C.P 66050. Gral. Escobedo, Nuevo León.

\* Correspondencia: [hector.floresbrc@uanl.edu.mx](mailto:hector.floresbrc@uanl.edu.mx)

**Resumen:** El agua está considerada como un recurso necesario para las actividades industriales y domésticas, su importancia radica en que no es fácil su renovación, por esta razón, el tratamiento del agua residual es fundamental. Por lo que, en esta investigación a través de la metodología de prueba de jarras se buscará definir la eficiencia de los coagulantes naturales, tomando como referencia el coagulante químico sulfato de aluminio en el tratamiento de aguas grises provenientes del lavado doméstico. Los resultados reflejan dosis óptima de 100 mgL<sup>-1</sup> para el coagulante a partir de *Opuntia ficus-indica* y de 50 mgL<sup>-1</sup> para el coagulante de semillas de Moringa. Los resultados obtenidos del análisis de varianza y comparación de medias por el método de Tukey expusieron la diferencia significativa de los coagulantes químicos y naturales, sin embargo, también determinaron que no existe diferencia significativa entre las dosis y tipo de agua grises (agua detergente-agua suavizante) empleadas.

**Palabras clave:** Mucilago de nopal; Semilla de moringa; Turbidez.

## 1. Introducción

En los últimos años, México ha enfrentado una crisis hídrica que ha afectado a todas las entidades del país, como consecuencia de fenómenos climáticos extraordinarios y la falta de estrategias eficaces de mitigación del cambio climático (Martínez-Austria et al., 2019). Esta situación provocó que, en el estado de Nuevo León, se registraran niveles críticamente bajos en sus tres principales presas y en la recarga de los mantos freáticos, afectando de manera severa tanto las actividades industriales como las domésticas. De ahí surge la importancia de fomentar el ahorro de agua potable y el reúso de aguas residuales (Hernández et al., 2023).

En este contexto, el agua se consolida como uno de los recursos más valiosos para la agricultura, la industria y el uso doméstico. Sin embargo, su utilización genera aguas residuales con características diversas que, al no ser adecuadamente tratadas, impactan negativamente el medio ambiente (Gil-Mora et al., 2022). Para su reúso, estas aguas requieren generalmente de procesos de postratamiento que eliminen los contaminantes presentes. Entre los métodos convencionales se encuentran la coagulación, la oxidación o reducción química, la filtración y el uso de tecnologías de membrana (Precious et al., 2021).

La coagulación es un proceso destinado a desestabilizar las partículas coloidales presentes en el agua, promoviendo la aglomeración de contaminantes en partículas de mayor tamaño (Kurniawan et al., 2022; Guzmán et al., 2013). Los coagulantes más comúnmente empleados son aquellos que generan cargas positivas, facilitando su interacción con las partículas suspendidas (Espinosa et al., 2016). Entre estos se encuentran sales de hierro, aluminio, cal hidratada, carbonato de magnesio y polímeros sintéticos (Moran, 2018). No obstante, el uso de dichos coagulantes puede tener consecuencias negativas tanto para la salud humana como para el medio ambiente, entre ellas, la afectación del desarrollo vegetal, del sistema radicular e incluso la inhibición de la germinación de semillas al emplearse estas aguas para riego (Ismail et al., 2020). Además, se ha demostrado que el uso excesivo de coagulantes a base de aluminio puede alterar la calidad del agua y disminuir su pH (Kurniawan et al., 2020).

Recientemente, se ha promovido el uso de biocoagulantes o coagulantes naturales, los cuales están compuestos principalmente por extractos de plantas, microorganismos (bacterias, algas y hongos) o productos animales. Estos representan una alternativa sostenible frente a los coagulantes químicos tradicionales, al ser considerados más amigables con el ambiente y menos perjudiciales para la salud humana (Lambis, 2015).

Entre las ventajas de los coagulantes naturales destacan la reducción en la generación de lodos, la posibilidad de emplear los subproductos como biofertilizantes, la disminución de costos, el bajo incremento en la carga iónica del agua

tratada y su aplicabilidad en zonas rurales (Guzmán et al., 2013). No obstante, también presentan algunas limitaciones, como la necesidad de procesos de extracción específicos, la variabilidad en su rendimiento según las características del agua y la obligatoriedad de pruebas de laboratorio para su estandarización (Kurniawan et al., 2020).

Caldera et al. (2011) utilizaron sulfato de aluminio como coagulante, determinando la dosis óptima mediante pruebas de jarras. El proceso consistió en una mezcla rápida de 1 minuto a 100 rpm, seguida de una mezcla lenta de 20 minutos a 30 rpm y una fase de sedimentación de 30 minutos. La temperatura promedio de las muestras fue de 25 °C, obteniéndose una remoción de turbidez entre el 83 % y el 96 %, con una dosis óptima de 400 mg/L.

Por su parte, Coy Gomboa et al. (2023) evaluaron la viabilidad de coagulantes orgánicos para la remoción de turbidez, destacándose el almidón de yuca, el mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y la semilla de moringa. Esta última mostró una eficiencia del 99.09 % a una concentración de 0.2 mg/L, mientras que el mucílago de nopal logró remociones de entre el 95 % y el 99.09 %.

Asimismo, Jaco et al. (2022) evaluaron la eficiencia del mucílago de nopal como coagulante en el tratamiento de aguas grises, encontrando una dosis óptima de 1.625 g/L, la cual logró una remoción de turbidez del 88.19 %, demostrando su potencial como coagulante natural.

Por lo anterior, se plantea que el uso de coagulantes naturales puede incorporarse de forma eficiente en el tratamiento de aguas grises directamente en el hogar, con accesibilidad para toda la población. En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo evaluar la eficiencia del mucílago de nopal y de la semilla de moringa en el tratamiento de aguas grises generadas por el lavado de ropa, una de las actividades domésticas con mayor consumo de agua.

## 2. Materiales y Métodos

Las muestras de aguas grises se recolectaron en un domicilio particular ubicado en el municipio de Apodaca, Nuevo León (Figura 1), utilizando botellas plásticas estériles de 1 L. Posteriormente, fueron trasladadas al Laboratorio de Biotecnología Microbiana de la Facultad de Agronomía, Campus Ciencias Agropecuarias.

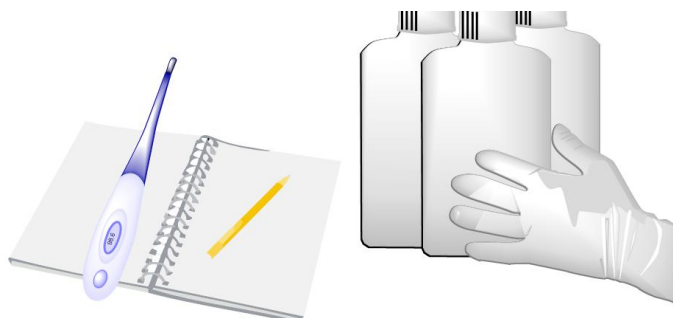


Figura 1.-Toma de muestra de aguas grises provenientes del lavado doméstico.

### Determinación de turbidez

La turbidez se midió utilizando un turbidímetro HANNA HI-93703, siguiendo el procedimiento descrito por *Medidor portátil de turbidez compatible con ISO* (s.f.). La calibración se realizó con soluciones estándar (HI-93703-0, HI-93703-10, HI-93703-500), conforme al protocolo del fabricante. Las muestras fueron homogenizadas, colocadas en viales libres de burbujas y analizadas en aproximadamente 25 s por lectura.

### Medición de pH

El pH se determinó con un potenciómetro Thermo Scientific Orion 4 Star, calibrado previamente con soluciones tampón de pH 4, 7 y 10. Las lecturas se realizaron directamente en las muestras, tras el enjuague y secado del electrodo.

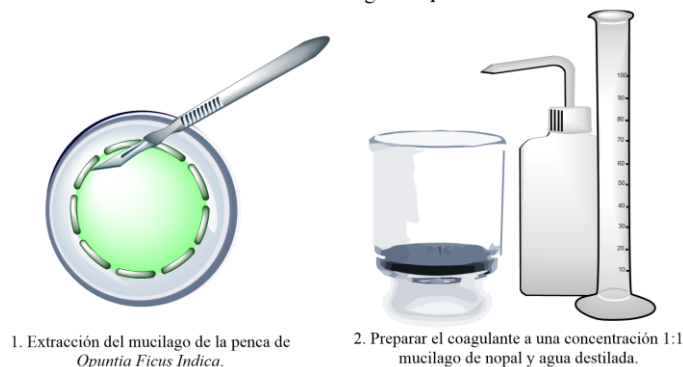
### Ensayo de coagulación

La eficiencia de los coagulantes se evaluó mediante la prueba de jarras (Balda, 2021), empleando 250 mL de agua gris por tratamiento. Se ensayaron dosis de 50, 100 y 150 mg/L de coagulante. La mezcla rápida se efectuó durante 1 min a 100 rpm, seguida de una fase de sedimentación estática de 30 min.

### Preparación de coagulantes naturales

#### Mucílago de *Opuntia ficus-indica*

Las pencas fueron lavadas, desinfectadas y despespínadas mediante cortes laterales. Posteriormente, se extrajo el mucílago mediante cortes paralelos, y se licuó con agua destilada en proporción adecuada. La solución se utilizó en un plazo no mayor a 24 h (Figura 2).

Proceso de extracción del mucilago de *Opuntia Ficus Indica*.Figura 2.-Proceso de extracción del mucilago de *Opuntia Ficus Indica*.**Semilla de *Moringa ofelia*.**

Se pesaron 53.12 g de semillas y se secaron a 40 °C durante 12 h en estufa. Luego, se trituran hasta obtener un polvo fino (Figura 3), utilizado como coagulante en el tratamiento de aguas grises.

Proceso de preparación: Semilla de *Moringa Ofelia*.Figura 3.-Proceso de preparación: Semilla de *Moringa oleífera* para su uso como coagulante.**Cálculo de la eficiencia en remoción de turbidez.**

La eficiencia de remoción se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Cn = \frac{Ci - Cf}{Ci} * 100$$

Ec. 1

donde  $Ci$  es la turbidez inicial y  $Cf$  la turbidez final (NTU).

**Análisis de datos.**

El análisis de datos se realizó con el software Minitab, aplicando ANOVA unifactorial y prueba de comparación múltiple de medias ( $p < 0.05$ ), a fin de identificar diferencias significativas entre tratamientos.

**3. Resultados**

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) con el objetivo de identificar diferencias significativas entre los tipos de coagulante, las dosis aplicadas y el tipo de agua evaluada. Se observaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) únicamente entre los tratamientos con coagulantes, mientras que la dosis y el tipo de agua (agua con detergente vs. agua con suavizante) no mostraron efectos significativos sobre la eficiencia del tratamiento (Tabla 1).

**Tabla 1** Análisis de varianza de los coagulantes evaluados.

FV	SC	GL	CM	F	Sig.
Coagulante	17035.6	2	8517.82	51.92	0.000
Dosis	66.9	2	33.43	0.20	0.818
Tipo de Agua	303	1	302.99	1.85	0.199
Error	1968.6	12	164.05		
Total	19374.1	17			

Posteriormente, se aplicó la prueba de comparación múltiple de medias mediante el método de Tukey para identificar diferencias entre los coagulantes evaluados. El sulfato de aluminio presentó una eficiencia significativamente superior respecto a los coagulantes naturales (mucílago de nopal y semilla de moringa), los cuales no mostraron diferencias estadísticas entre sí (Tabla 2).

**Tabla 2** Comparación de medias de los tipos de coagulantes por el método de Tukey.

Coagulante	Media	Grupo
Sulfato de aluminio	68.54	A
Mucilago de nopal	4.08	B
Semilla de moringa	2.50	B

La **Tabla 3** muestra la disminución del pH posterior al tratamiento. En el caso del coagulante químico sulfato de aluminio, se observó una reducción del pH con respecto a los valores iniciales de 7.35 para el agua con detergente y 7.46 para el agua con suavizante, alcanzando valores mínimos de 6.39 y 6.34, respectivamente, a la dosis más alta evaluada (150 mg/L). En contraste, el uso de coagulantes naturales no produjo alteraciones significativas en el pH, manteniéndose en un rango cercano a 8 para el agua con detergente y a 7 para el agua con suavizante.

**Tabla 3** pH de las muestras evaluadas postratamiento.

Coagulantes	Dosis (mgL <sup>-1</sup> )	Agua con detergente.	Agua con suavizante.
Sulfato de aluminio.	50	6.74	7.02
	100	6.91	6.52
	150	6.39	6.34
Mucilago de nopal.	50	8.86	7.64
	100	8.92	7.68
	150	8.90	7.66
Semilla de moringa.	50	8.84	7.56
	100	8.84	7.62
	150	8.88	7.65

Los coagulantes naturales mostraron una menor eficiencia en la remoción de turbidez. La Tabla 4 presenta los resultados obtenidos para cada coagulante y dosis, considerando turbideces iniciales de 159 FTU para el agua con detergente (proveniente del primer ciclo de lavado) y de 14.2 FTU para el agua con suavizante (correspondiente al segundo ciclo de lavado).

**Tabla 4** Eficiencia de la remoción de la turbidez de las muestras evaluadas (%).

Coagulantes	Dosis (mgL <sup>-1</sup> )	Agua con detergente.	Agua con suavizante.
Sulfato de aluminio.	50	55.24%	87.05%
	100	47.10%	86.87%
	150	49.85%	85.13%
Mucilago de nopal.	50	5.66%	0%*
	100	18.87%	0%*
	150	0%*	0%*
Semilla de moringa.	50	11.74%	3.26%
	100	0%*	0%*
	150	0%*	0%*

Unidad de medida FTU. . \* Muestras que aumentaron su turbidez inicial después de pasado el tiempo de sedimentación.

La Figura 4 muestra la eficiencia en la remoción de turbidez del coagulante natural mucílago de nopal en comparación con el coagulante químico sulfato de aluminio.



Figura 4.-Efecto de los coagulantes en el tratamiento de aguas residuales: Dosis óptima de los coagulantes con mayor eficiencia.

#### 4. Discusión

La eficiencia de un coagulante se relaciona directamente con su capacidad para inducir la formación de flóculos (Capitillo et al., 2023). En la presente investigación, se observó que los coagulantes naturales, mucílago de *Opuntia ficus-indica* y semilla de *Moringa oleifera*, poseen una capacidad apreciable de floculación, lo que respalda su potencial para ser utilizados en el tratamiento de aguas residuales. A diferencia de los coagulantes químicos, su aplicación no generó alteraciones significativas en las propiedades fisicoquímicas del agua tratada.

Este comportamiento coincide con lo reportado por Ismail et al. (2020), quienes describen la disminución del pH asociada al uso de coagulantes a base de aluminio. En concordancia, en este estudio se registraron reducciones considerables del pH tras el tratamiento con sulfato de aluminio (Tabla 3), mientras que los coagulantes naturales mantuvieron el pH dentro de rangos estables. Dado que el pH es un parámetro crítico en la coagulación, su control es esencial, ya que influye en la especiación de los coagulantes y en la estabilidad de los flóculos. En general, el rango óptimo de pH para la coagulación se encuentra entre 5.0 y 8.0, siendo más específico de 6.5 a 8.0 para sales de aluminio.

En cuanto a la dosificación, Guzmán et al. (2013) señalan que los requerimientos de dosis están sujetos a múltiples variables, entre ellas la concentración del coagulante y la turbidez inicial del agua. En este estudio, las muestras presentaron turbideces iniciales de 159 FTU (agua con detergente) y 14.2 FTU (agua con suavizante). Para la semilla de moringa, se identificó una dosis óptima de 50 mg/L, que resultó en una eficiencia de remoción del 11.74 % y 3.26 %, respectivamente. Estos resultados contrastan con los obtenidos por Coy Gomoboa et al. (2023), quienes reportaron una eficiencia del 99.09 % a una dosis de solo 0.2 mg/L, lo que sugiere que la efectividad de este coagulante puede depender fuertemente del tipo de agua, método de extracción o condiciones experimentales.

Asimismo, Manrique (2019) reportó eficiencias de remoción de turbidez de hasta 74.14 % para mucílago de nopal a una dosis de 60 mg/L. En el presente estudio, este coagulante mostró su mayor eficiencia a una dosis de 100 mg/L en una preparación 1:1 (Figura 4), aunque con rendimientos considerablemente inferiores a los descritos en la literatura. Estas diferencias podrían atribuirse a factores como la calidad del mucílago, su preparación o la baja turbidez inicial del agua con suavizante.

Por su parte, el coagulante químico sulfato de aluminio, empleado como control positivo, alcanzó eficiencias máximas de remoción del 55.24 % para el agua con detergente y del 87.05 % para el agua con suavizante. En ambos casos, se consideró que la dosis óptima fue de 50 mg/L, en función del equilibrio entre remoción efectiva y estabilidad del pH.

## 5. Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten concluir que la eficiencia de los coagulantes naturales está influenciada por diversos factores, entre los que destacan el tipo de agua tratada, la turbidez inicial de la muestra, la concentración del extracto y la dosis aplicada durante el proceso de coagulación-floculación. En este sentido, la evaluación de dosis entre 50 y 150 mg/L, empleando preparaciones al 50 %, permitió identificar dosis óptimas de 100 mg/L para el mucílago de *Opuntia ficus-indica* y de 50 mg/L para la semilla de *Moringa oleifera*. Sin embargo, es importante señalar que a concentraciones más elevadas se observaron incrementos en la turbidez postratamiento, lo que evidencia la necesidad de ajustar cuidadosamente la dosificación para evitar efectos contraproducentes. Por otro lado, los coagulantes naturales demostraron ser más compatibles con la calidad fisicoquímica del agua, ya que no provocaron alteraciones significativas en parámetros como el pH. En contraste, el coagulante químico sulfato de aluminio generó una reducción considerable en el pH de las muestras tratadas, lo cual podría limitar su aplicación en contextos donde se requiere preservar la estabilidad de este parámetro. Considerando lo anterior, se recomienda la implementación del mucílago de nopal para el tratamiento de aguas grises con detergente, debido a su mayor rendimiento en ese tipo de muestra. De manera complementaria, la semilla de moringa podría representar una alternativa más adecuada para el tratamiento de aguas con suavizante, ya que mostró niveles aceptables de remoción aun cuando se utilizaron dosis bajas.

## 6. Agradecimientos

Se agradece a los responsables de los laboratorios de la Facultad de Agronomía de la UANL, en particular a los de Biotecnología Microbiana y Remediación Ambiental, por todas las facilidades brindadas para la realización de esta investigación.

## 7. Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses relacionado con la realización y publicación de este estudio.

## Referencias

1. APHA/AWWA/WPCF. (2005). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 21<sup>a</sup> ed. American Public Health Association, Washington, D.C., EE.UU.
2. Balda, R. (2021). *Guía de laboratorio: test de jarras*. Universidad de La Salle.
3. Caldera, J., Oñate, J., Rodríguez, M., y Gutiérrez, D. (2011). Eficiencia del sulfato de aluminio durante el tratamiento de aguas residuales de una industria avícola. Centro de Investigación del Agua, Facultad de Ingeniería, Universidad de Zulia.
4. Coy Gomoboa, J., y Martínez Ballén, C. (2023). Coagulantes orgánicos, una alternativa sostenible para el tratamiento de aguas residuales domésticas en áreas rurales. *Ingeniería Ambiental y de Saneamiento*, Instituto Universitario de la Paz.
5. Gil-Mora, J.E., Boza, Á.H.F., Ramos, K.J.O., y Oviedo, N.A.V. (2022). Determinación de la pérdida de la calidad de un río urbano en Cusco: Caso Saphy. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(1), pp. 3722–3748.
6. Guzmán, L., Villabona, Á., Tejada, C., y García, R. (2013). Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 16(1), pp. 241–250.
7. Guzmán, L., Villabona, Á., Tejada, C., y García, R. (2013). Reducción de la turbidez del agua usando coagulantes naturales: una revisión. *Ciencias Exactas y Naturales*, (2), pp. 1–7.
8. Hernández, H.V., Blanco, Y.C., y Díaz, J.A.J. (s.f.). Capítulo 10. Retos que enfrenta la gestión del agua en Nuevo León, México. En: *Libro colectivo de divulgación científica*, Organización Internacional. pp. 233.

9. Ismail, M.R., Abdullah, S.R.S., Idris, M., Kurniawan, S.B., Halmi, M.I.E., Sbani, N., y Hasan, H.A. (2020). Applying rhizo-bacteria consortium for the enhancement of *Scirpus grossus* growth and phytoaccumulation of Fe and Al in pilot constructed wetlands. *Environmental Management*, 267, 110640.
  10. Jaco, L., Gómez, S., Loroña, M., Zamora, R., y Human, J. (2022). Eficiencia de *Opuntia ficus-indica* como coagulante para el tratamiento de aguas grises y su aplicación en un sistema piloto. Universidad Politécnica de Valencia.
  11. Kurniawan, S.B., Abdullah, S.R.S., Imron, M.F., Said, N.S.M., Ismail, N.I., Hasan, H.A., y Purwanti, I.F. (2020). Challenges and opportunities of biocoagulant/bioflocculant application for drinking water and wastewater treatment and its potential for sludge recovery. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), pp. 1–14.
  12. Kurniawan, S.B., Imron, M.F., Chik, C.M.I., Owodunni, A.A., Ahmad, A., Alnawajha, M.M., y Hasan, H.A. (2022). Which compound in biocoagulants/bioflocculants contributes most to coagulation and flocculation processes? *Science of The Total Environment*, 806, 150523.
  13. Manrique, J. (2019). *Análisis comparativo de la disminución de sólidos suspendidos utilizando Opuntia ficus-indica y cloruro férrico en las aguas del río Lurín*. Tesis de licenciatura. Universidad Tecnológica de Lima Sur.
  14. Martínez-Austria, P.F., Díaz-Delgado, C., y Moeller-Chávez, G. (2019). Seguridad hídrica en México: diagnóstico general y desafíos principales. *Ingeniería del Agua*, 23(2), pp. 107–121.
  15. Medidor portátil de turbidez compatible con ISO. (s.f.). HANNA Instruments. [Consultado el 16 de enero de 2025]. Disponible en: <https://hannainst.com.mx/medidor-port%C3%A1til-de-turbidez-con-registro-hi93703>
  16. Moran, S. (2018). *An Applied Guide to Water and Effluent Treatment Plant Design*. Elsevier.
- Precious, N., Rathilal, S., y Kweiner, T. (2021). Coagulation treatment of wastewater: Kinetics and natural coagulant evaluation. *Molecules*, 26(18), 5563.

**Descargo de responsabilidad/Nota del editor:** Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son responsabilidad exclusiva de los autores y colaboradores individuales y no de SAV y/o el/lo editor/es declinan toda responsabilidad por daños personales o materiales derivados de ideas, métodos, instrucciones o productos a los que se haga referencia en el contenido.

**Cita:** Cortés-Luna, A. G. (2025) «Evaluación de la eficiencia de coagulantes naturales en el tratamiento de aguas grises provenientes del lavado doméstico», *Scientia Agricolis Vita*, 2(1), pp. 34–40. doi: 10.29105/agricolis.v2i1.25.

Editor Académico: Nombre Apellido

Recibido: fecha

Revisado: fecha

Aceptado: fecha

Publicado: 31 de enero de 2025



**Copyright:** © 2025 por los autores. Presentado para su posible publicación en acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Nota corta

# Calidad de fruto y rendimiento de chile habanero Chocolate (*Capsicum chinense* Jacq.) en dos sistemas de cultivo

## Fruit quality and yield of Chocolate habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) in two growing systems

Wilberth Chan-Cupul, Adriana Juárez-Cuevas, José Manuel Gutiérrez-Campos, y Rafael Julio Macedo-Barragán \*

<sup>1</sup> Universidad de Colima, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Km. 40 Autopista Colima-Manzanillo, Tecomán, Colima, C.P. 28934, México. [wchan@ucol.mx](mailto:wchan@ucol.mx); [jgutierrez80@ucol.mx](mailto:jgutierrez80@ucol.mx); [macedo@ucol.mx](mailto:macedo@ucol.mx)

\* Correspondencia: [macedo@ucol.mx](mailto:macedo@ucol.mx)

**Resumen:** El chile habanero Chocolate (*Capsicum chinense* Jacq.) tiene una gran importancia económica por su elevado grado de picor y demanda culinaria, sin embargo, es poco conocido y cultivado en México. El objetivo de este estudio fue evaluar la calidad y rendimiento de chile habanero Chocolate en el estado de Colima. El cultivo se estableció en bolsas de crecimiento y suelo acolchado bajo condiciones de invernadero a una densidad de 22 311 plantas ha<sup>-1</sup>. Se midieron la longitud, diámetro y peso del fruto, número de frutos planta<sup>-1</sup> y rendimiento por planta y por unidad de superficie. La longitud, diámetro y peso del fruto, así como, el número de frutos planta<sup>-1</sup> y el rendimiento fue mayor cuando la planta fue sembrada en suelo acolchado en comparación con la bolsa de crecimiento. Se concluye que el chile habanero Chocolate mostró mejor calidad y rendimiento al ser cultivado en suelo acolchado.

**Palabras clave:** Acolchado; bolsa de crecimiento; invernadero; tamaño del fruto; peso del fruto.

**Abstract:** Although the Chocolate habanero chili (*Capsicum chinense* Jacq.) has great economic importance due to its pungency and culinary demand, it is little known and cultivated in Mexico. The objective was to evaluate the quality and yield of the Chocolate habanero pepper in the state of Colima. The crop was established in growth bags and mulched soil under greenhouse conditions at a density of 22 311 plants ha<sup>-1</sup>. Fruit length, diameter, and weight, the number of fruits plant<sup>-1</sup>, and yield per plant and per unit area were measured. Fruit length, diameter, and weight, as well as the number of fruits per plant<sup>-1</sup> and yield were higher when the plant was cultivated in mulched soil compared to the growth bag. It is concluded that the Chocolate habanero pepper showed better quality and yield when grown in mulched soil.

**Keywords:** Mulch; grow bag; greenhouse; fruit size; fruit weight.

### 1. Introducción

El chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) es uno de los chiles más apreciados en el mercado internacional y nacional por su pungencia y sus características de calidad. Es cultivado principalmente en la zona comprendida por los estados que conforman la península de Yucatán cuyas condiciones climáticas, han favorecido la existencia de numerosas variedades nativas y la introducción y siembra de variedades mejoradas que se diferencian entre otras cosas, por el color de su fruto en estado maduro que puede ser anaranjado, rojo, amarillo o café (Ruiz-Lau et al., 2011).

Las variedades nativas de chile habanero se caracterizan por tener bajos rendimientos y producir frutos pequeños y heterogéneos por lo que, durante los últimos años, se ha prestado especial atención al desarrollo tecnológico y mejoramiento genético del chile habanero en México con el objetivo de generar variedades con mayor rendimiento y que conserven características como el picor y sabor, que distinguen al chile habanero producido en México de los cultivados en otras partes del mundo (Muñoz-Ramírez et al., 2020). El chile habanero café también denominado chocolate o negro, tiene una gran importancia económica por su elevado grado de picor y demanda culinaria, sin embargo, su cultivo se limita a algunas zonas reducidas de la costa de Michoacán y a diferencia de otros genotipos, la información sobre su comportamiento productivo y la calidad de su fruto es escasa (Tapia-Vargas et al., 2016).

Con el fin de incrementar el rendimiento del cultivo de chile habanero tanto de las variedades nativas como de los híbridos mejorados se han implementado diversas tecnologías como alternativa a la siembra directa al suelo a cielo abierto como son, la siembra en invernadero o bajo malla sombra (Muñoz-Ramírez et al., 2020; Llamas et al., 2024; Ontiveros-Sajuan et al., 2024), el uso de acolchados de diversos colores (Torres et al., 2017; Toscano-Verduzco, 2023) y la siembra en bolsas de crecimiento con sustrato de fibra de coco (Muñoz-Ramírez et al., 2020; Llamas et al., 2024) con resultados variables.

En el estado de Colima la siembra de chile habanero ha crecido en los últimos años de manera importante, ubicándose en el año 2023 como el décimo lugar nacional con una producción de 801.90 t y un rendimiento de 23.34 t ha<sup>-1</sup>, predominando, la siembra de híbridos de fruto anaranjado como Chichen Itza y Megalodón, por lo que, bajo este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la calidad y rendimiento de chile habanero Chocolate cultivado en bolsa de crecimiento y suelo con acolchado bajo condiciones de invernadero en el estado de Colima.

## 2. Materiales y Métodos

### 2.1 Lugar de experimentación

El estudio se realizó dentro de un invernadero tipo gótico en la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Colima. Se ubica en las coordenadas geográficas 18° 57' 10" N y 103° 53' 46 O, a una altura de 33 msnm. El clima es semiseco muy cálido con lluvias en verano y corresponde a la fórmula BS1(h') w(w) con una precipitación y temperatura media anual de 882.5 mm y 27.4 °C respectivamente. El suelo del área experimental es franco-arenoso (17% arcilla, 77% arena y 6% limo), con un pH de 6.88 y una CE de 2.5 mS cm<sup>-1</sup>.

### 2.2 Material genético y manejo agronómico

Se usaron semillas de chile habanero Chocolate (Seminis®, USA) (Figura 1A) las cuales se sembraron a una profundidad de 0.5 a 1 cm en charolas previamente desinfectadas de polietileno blanco de 200 cavidades (Hortiblock®, México) rellenas de sustrato Peat Moss (BM8®, Canadá). Después de la siembra las charolas fueron cubiertas con bolsas negras durante cinco días para inducir la germinación y una vez emergidas las plántulas, se descubrieron y se colocaron sobre mesas para su riego y fertilización hasta el trasplante en cual se realizó a los 60 días.

Para la siembra en el suelo con acolchado se realizó un deshierbe manual y se removieron los primeros 30 cm de suelo con pico y azadón para formar las camas de siembra. Las plantas se trasplantaron a una distancia de 30 cm y la distancia entre surcos fue de 1.3 m lo que resultó en una densidad de plantación de 22 311 plantas ha<sup>-1</sup>. Se empleó un acolchado de color blanco/negro, calibre 8 mil, el cual se colocó de forma manual sobre la cama y las orillas se cubrieron con tierra (Figura 1B) Para la siembra en bolsa se utilizaron 14 bolsas de cultivo de 100 × 16 × 18 cm (28.8 cm<sup>3</sup>) rellenas con fibra y polvillo de coco a una proporción de 70:30 colocados sobre tabiques para aislarlos del suelo. A cada uno de ellos se les realizó tres orificios con una separación de 30 cm y se colocó en su interior una plántula. La distancia entre hileras fue de 1.3 m resultando en una densidad de plantas similar a la utilizada en la siembra con acolchado (Figura 1C).



Figura 1. A: Chile habanero chocolate. B: Cultivo en suelo con acolchado. C: Cultivo en bolsa de crecimiento.

Para la producción de planta se emplearon los fertilizantes Triple 19 (Polyfeed® Haifa, 1 a 2.5 g L<sup>-1</sup>), 12-42-12 (Polyfeed® Haifa, 1 a 2.5 g L<sup>-1</sup>), Root factor (Agroscience®, 1.5 mL L<sup>-1</sup>), Startrak (Abonomex®, 1 a 2.5 g L<sup>-1</sup>) y Maxirad (Coda®,

1.5 mL L<sup>-1</sup>). La nutrición se efectuó por fertirrigación en cuatro etapas de acuerdo con la fenología del cultivo, en la etapa uno (adaptación) se aplicaron seis fertirriegos en 21 días. Las fuentes fueron: 272.7 g de fosfonitrato, 80.5 g de MKP y 50.6 g de Nitro K Sulucros. En esa misma etapa para enraizamiento se aplicó 200 mL de Root Factor y 150 g de Pow Humus. En la etapa dos (desarrollo) se aplicaron en 12 fertirriegos en 30 días, las fuentes fueron: 220.2 g de fosfonitrato, 26 g MKP y 81 g de Nitro K. En la etapa tres (fructificación) se aplicaron 10 fertirriegos en 30 días con 170 g de fosfonitrato, 162.5 g de MKP y 8.92 g de Sulucros K. En la etapa cuatro (producción) se utilizaron 28 fertirriegos en 60 días 45 g de fosfonitrato, 28.2 g de MKP y 108.2 Sulucros K. Durante todas las etapas se aplicó semanalmente 50 g de microelementos (Tradecorp A-Z®, Fe, Mn, Zn, B y Mo) y 150 mL de Calcio (Turgent Ca, Agrosience).

### 2.3 Variables de respuesta, diseño experimental y análisis de datos.

Al momento de la cosecha se seleccionaron de forma aleatoria 15 frutos por tratamiento y se midió su longitud, anchura y peso. Además, se contabilizaron el número total y peso de los frutos cosechados en 12 plantas por tratamiento durante 13 cortes realizados en un periodo de 92 días. Para calcular el rendimiento en t ha<sup>-1</sup>, se sumó el peso de todas las cosechas y se multiplicó por 22 311 plantas. El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con dos tratamientos (cultivo en bolsa de crecimiento y suelo acolchado). Los datos se analizaron con una prueba de comparación de medias *t*-Student para muestras independientes ( $\alpha < 0.05$ ). El análisis se realizó con el paquete estadístico StatGraphics para Windows

## 3. Resultados y discusión

La longitud, diámetro y peso del fruto de habanero Chocolate fue mayor cuando la planta fue sembrada en suelo acolchado. Con respecto al rendimiento, el número de frutos planta<sup>-1</sup>, la producción planta<sup>-1</sup> y la producción en t ha<sup>-1</sup>, fue asimismo mayor cuando la planta fue cultivada en suelo acolchado observándose un incremento del 37.54%, en la cantidad de frutos producidos por planta y del 88.78% para producción por planta y por hectárea (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Características productivas del chile habanero Chocolate en dos sistemas de cultivo en Tecomán, Colima, México.

Sistema	LF (mm)	DF (mm)	PF (g)	FP	PP (g planta <sup>-1</sup> )	RE (t ha <sup>-1</sup> )
Bolsa	38.84 ± 6.91 <sup>b</sup>	24.16 ± 3.27 <sup>b</sup>	5.75 ± 1.84 <sup>b</sup>	110.75 ± 61.06 <sup>b</sup>	514.58 ± 259.95 <sup>b</sup>	11.48 ± 5.80 <sup>b</sup>
Acolchado	42.90 ± 5.45 <sup>a</sup>	27.97 ± 3.62 <sup>a</sup>	7.57 ± 1.99 <sup>a</sup>	152.33 ± 59.81 <sup>a</sup>	971.42 ± 361.95 <sup>a</sup>	21.67 ± 8.08 <sup>a</sup>

Medias ± desviación estándar con diferente letra en la misma columna son estadísticamente diferentes (*t*-student,  $p < 0.05$ ). LF= Longitud del fruto; Diámetro del fruto; PF= Peso del fruto; FP= Frutos por planta; PP= Producción por planta; RE= Rendimiento.

En el presente estudio, la longitud y diámetro del fruto bajo los dos sistemas de cultivo fueron mayores a las observadas por Tapia-Vargas et al. (2016) para chile habanero negro, quienes registraron valores de 24.5 y 22.7 mm respectivamente, sin embargo, los mencionados autores registraron un peso promedio del fruto significativamente mayor al aquí observado con un valor promedio de 20.7 g. En este sentido, un mayor espesor de la pared del fruto y la presencia de un menor número y tamaño de los lóculos podría explicar el porqué, el peso de frutos de menor tamaño puede ser mayor que el de frutos de mayor dimensión. Con respecto al rendimiento por planta, Tapia-Vargas et al. (2016) reportan un rendimiento de 179.7 g planta<sup>-1</sup> y de 418.9 g planta<sup>-1</sup> en plantas tratadas con fitohormonas, ambos rendimientos, menores a los aquí encontrados. Cabe señalar que en el mencionado estudio los autores no señalan el número de cortes realizados a la planta por lo que este último resultado debe ser tomado con reserva. Asimismo, las diferencias en el manejo agronómico y de los genotipos afectan las variables productivas registradas en ambos estudios pues mientras en este se utilizó semilla comercial, Tapia-Vargas et al. (2016) utilizaron material originario de la costa michoacana.

El chile habanero Chocolate se caracteriza por producir frutos pequeños de características similares a las de otras variedades como la Jaguar, cuyos frutos tienen una longitud de 3.8 a 5.5 cm, un diámetro de 2.5 a 3.0 cm y un peso de entre 6.5 a 10 g (Ramírez et al., 2018). Sin embargo, estas características son significativamente menores a las de los frutos de híbridos comerciales como el Chichén Itzá, cuyos frutos presentan una longitud, diámetro y peso promedio

de 48.38 mm, 31.19 mm y 10.40 g respectivamente o el Megalodón, que registra valores promedio de 51.46 mm, 35.33 mm y 11.81 g respectivamente (Llamas et al., 2024).

La calidad de la fruta y el rendimiento fue mayor cuando la planta fue cultivada en suelo con acolchado que en bolsa. De acuerdo con Torres et al. (2017), el uso de acolchados proporciona a la planta un ambiente adecuado que permite adelantar el periodo de floración e incrementar el amarre de la fruta, sin embargo, estos autores encontraron que el acolchado plástico color plateado y transparente incrementa significativamente el rendimiento de fruta comparado con el acolchado de color blanco. De acuerdo con Reza et al. (2012) el uso de acolchado plástico incrementa la temperatura del suelo de 3.3 a 6.6 °C y el rendimiento de fruta comercializable de un 24 a 65 % en comparación con el suelo desnudo. Estos autores indican que el acolchado plástico plateado/negro y negro controla en un 95 a 98 % las malezas mientras que el plástico transparente transmite mejor la luz lo que ocasiona un mayor rendimiento temprano. De acuerdo con estos autores, el incremento en el rendimiento por el uso de acolchado plateado/negro se asoció con la conservación de la humedad, la mejora del microclima tanto por abajo como sobre la superficie del suelo, la reflexión de la luz y el control de las malezas. Por el contrario, Toscano-Verduzco (2023) señala que el uso de acolchados incrementa la temperatura y la concentración de sales en el suelo lo que ocasiona estrés abiótico en las plantas y afecta de forma negativa su desarrollo.

El uso de bolsas de cultivo rellenas de fibra y polvillo de coco resulta una alternativa viable para el cultivo de diversas hortalizas en sitios que no cuenten con suelos fértiles o con las condiciones óptimas para que el cultivo. Entre sus cualidades a destacar se encuentran el poseer una buena capacidad de retención de humedad, aireación y drenaje, así como estar libres de patógenos. Recientemente, Llamas et al. (2024) lograron producciones de 59.63 y 65.87 t ha<sup>-1</sup> para los híbridos Chichen Itza y Megalodón respectivamente, cultivados bajo condiciones similares a las del presente estudio esto es, en un sistema semihidropónico, en bolsas de crecimiento rellenas de fibra y polvillo de coco bajo condiciones de invernadero, lo que demuestra la viabilidad y potencial productivo de esta tecnología. .

#### 4. Conclusiones

El chile habanero Chocolate mostró mejor calidad de fruto y rendimiento cuando fue sembrado en suelo con acolchado plástico bajo condiciones de invernadero.

#### 5. Conflictos de intereses

Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses.

#### Referencias

1. Llamas, R. D. D., Chan, C.W., García, L. F. A., and Hernández, O. H. A. (2024). Rendimiento de dos híbridos de *Capsicum chinense* Jacq. en bolsas de cultivo con fibra de coco. *Avances en Investigación Agropecuaria*. 28: 43-54. <https://doi.org/10.53897/RevAIA.24.28.04>
2. Muñoz-Ramírez, L. S., Peña-Yam, L. P., Álvarez-Gil, M. A., Iglesias-Andreu, L. G., Avilés-Viñas, S. A., Canto-Flick, A., Guzmán-Antonio, A., and Santana-Buzzy, N. (2020). Selection of habanero pepper F1 hybrids (*Capsicum chinense* Jacq.) at the Yucatan Peninsula, Mexico with a high potential for different markets. *Agriculture*, 10(10): 478. <https://doi.org/10.3390/agriculture10100478>
3. Ontiveros-Sajuan, M. L., Hernández-Ramos, J., García-Magaña, J. J., Mo-guel-Ordóñez, Y. B., y Herrera-Basurto, J. (2024). Morfometría y rendimiento de *Capsicum chinense* Jacq. en Arteaga, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 15(6): ME:e3763. <https://doi.org/10.29312/remexca.v15i6.3763>.
4. Ramírez, M. M., Arcos, C. G., and Méndez, A. R. (2018). Jaguar: cultivar de chile habanero para México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 9(2): 487-492. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i2.1089>
5. Reza, H.R.; Hassankhan, F. and Rafezi, R. 2012. Effect of colored plastic mulches on yield of tomato and weed biomass. *International Journal of Environmental Science and Development*. 3(6): 590-593. <https://doi.org/10.7763/IJESD.2012.V3.291>
6. Ruiz-Lau, N., Medina, L. F., and Martínez, E. M. (2011). El chile habanero: su origen y usos. *Ciencia*. 62(3): 70-77.
7. SIAP. (2025). Anuario Estadístico de la Producción Agrícola 2023. [Consultado el 02 de mayo de 2025]. Disponible en: [https://nube.agricultura.gob.mx/cierre\\_agricola/](https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/)
8. Tapia-Vargas, M., Larios-Guzmán, A., Díaz-Sánchez, D. D., Ramírez-Ojeda, G., Hernández-Pérez, A., Vidales-Fernández, I., and Guillén-Andrade, H. (2016). Producción hidropónica de chile habanero negro (*Capsicum chinense* Jacq.). *Revista Fitotecnia Mexicana*, 39(3): 241-245. <https://doi.org/10.35196/rfm.2016.3.241-245>

9. Torres, B. A. I., Morales, M. A., Grijalva, C. R. L., Cervantes, D. L., and Núñez-Ramírez, F. (2017). Hierro foliar y acolchado plástico en *Capsicum chinense* Jacq. infectado con tospovirus. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8(2): 369-380. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i2.57>
10. Toscano-Verduzco, F.A. (2023). Efecto de la malla sombra y acolchado sobre el rendimiento de *Capsicum chinense* Jacq. híbrido Megalodon en invernadero. Tesis de Maestría. Universidad de Colima.

**Descargo de responsabilidad/Nota del editor:** Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son responsabilidad exclusiva de los autores y colaboradores individuales y no de SAV y/o el/lo editor/es declinan toda responsabilidad por daños personales o materiales derivados de ideas, métodos, instrucciones o productos a los que se haga referencia en el contenido.

**Cita:** Chan-Cupul, W., Juárez-Cuevas, A., Gutiérrez-Campos, J. M., & Macedo-Barragán, R. J. (2025). Calidad de fruto y rendimiento de chile habanero Chocolate (*Capsicum chinense* Jacq.) en dos sistemas de cultivo: Calidad y rendimiento de chile habanero Chocolate. *Scientia Agricolis Vita*, 2(1), 41–45. <https://doi.org/10.29105/agricolis.v2i1.26>.

Editor Académico: Guadalupe Gutiérrez-Soto

Recibido: fecha: 07 de mayo de 2025

Revisado: fecha: 15 de mayo de 2025

Aceptado: fecha: 19 de mayo de 2025

Publicado: fecha: 21 de mayo de 2025



**Copyright:** © 2025 por los autores. Presentado para su posible publicación en acceso abierto bajo los terminos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Nota corta

# Evaluación de la actividad antimicrobiana de *Olea europaea* (Olivo) contra la bacteria cariogénica *Streptococcus mutans*

Marcela A. Gloria-Garza <sup>1\*</sup>, Ramiro Quintanilla-Licea <sup>2</sup>, Aldo F. Bazaldúa-Rodríguez <sup>2</sup>, Guadalupe Gutiérrez-Soto <sup>3</sup>, Carlos J. Castillo-Zacarías <sup>4</sup>, Joel H. Elizondo-Luevano <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Odontología, Universidad Autónoma de Nuevo León, Dr. Eduardo Aguirre Pequeño S/N, Monterrey, C.P. 64460, Nuevo León, México; [marcela.gloriagz@uanl.edu.mx](mailto:marcela.gloriagz@uanl.edu.mx) (M.A.G.-G.).

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León, Av. Universidad S/N, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza, C.P. 66455 Nuevo León, México; [ramiro.quintanillalc@uanl.edu.mx](mailto:ramiro.quintanillalc@uanl.edu.mx) (R.Q.-L.); [aldo.bazalduarg@uanl.edu.mx](mailto:aldo.bazalduarg@uanl.edu.mx) (A.F.B.-R.).

<sup>3</sup> Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, Francisco I. Madero S/N, Ex Hacienda el Canadá, Gral. Escobedo, C.P. 66050, Nuevo León, México; [joel.elizondolv@uanl.edu.mx](mailto:joel.elizondolv@uanl.edu.mx) (J.H.E.-L.); [juanita.gutierrezst@uanl.edu.mx](mailto:juanita.gutierrezst@uanl.edu.mx) (G.G.-S.).

<sup>4</sup> Facultad de Ingeniería civil, Universidad Autónoma de Nuevo León, Avenida Universidad S/N, Anáhuac, San Nicolás de los Garza, C.P. 66455 Nuevo León, México; [carlos.castillozcr@uanl.edu.mx](mailto:carlos.castillozcr@uanl.edu.mx) (C.J.C.-Z.).

\* Correspondencia: [marcela.gloriagz@uanl.edu.mx](mailto:marcela.gloriagz@uanl.edu.mx) (M.A.G.-G.).

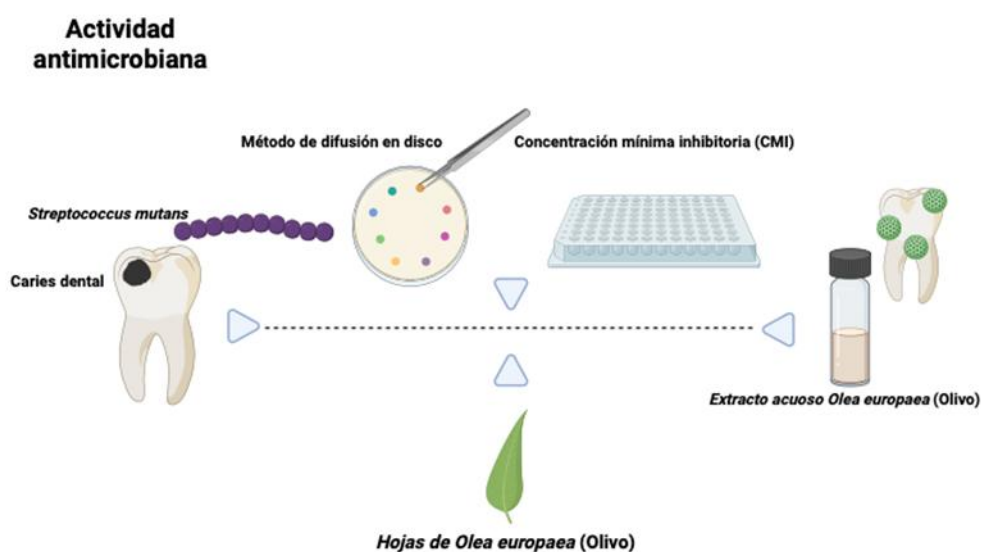
**Resumen:** El uso de plantas como fuente medicinal ha aumentado enormemente en las tres últimas décadas debido a importantes ventajas como la seguridad, la eficacia y la disponibilidad global. La caries dental es la enfermedad bacteriana crónica más prevalente en personas de todo el mundo, el presente estudio evaluó el potencial antimicrobiano *in vitro* del extracto acuoso (EA) de *Olea europaea* contra el principal agente etiológico de la caries dental *Streptococcus mutans*. La actividad antimicrobiana de *O. europaea* se evaluó mediante el método de difusión en disco y para determinar la susceptibilidad del microorganismo al EA, se realizó el método de concentración mínima inhibitoria (CMI). Se observó que la zona media de inhibición fue de  $7,5 \pm 1,74$  mm a una concentración de 250  $\mu\text{g/mL}$ . En todas las concentraciones probadas, *S. mutans* fue significativamente ( $p < 0,05$ ) sensible al AE de *O. europaea*. *O. europaea* mostró una inhibición del crecimiento del  $67,4 \pm 4,6$  % a concentraciones de 250  $\mu\text{g/mL}$ . con un valor de  $\text{IC}_{50} = 96,97$   $\mu\text{g/mL}$ . Nuestros resultados indican que el extracto acuoso de *O. europaea* posee actividad antimicrobiana contra *S. mutans*.

**Palabras clave:** agentes antimicrobianos; extractos de plantas; productos naturales, caries.

## 1. Introducción

Las enfermedades bucodentales pueden causar dolor, malestar y disfunción, afectando negativamente la calidad de vida (Vahabi et al., 2025). Existen más de 500 especies bacterianas en la saliva humana y en los tejidos blandos y duros, algunos de ellos relacionados al desarrollo de enfermedades (Yang & Kang, 2020). La caries dental es la enfermedad bacteriana crónica más prevalente en personas de todo el mundo (Golestannejad et al., 2020). El desarrollo de la caries dental se relaciona con la formación de biopelículas cariogénicas de patógenos orales en las superficies dentales (Zhang et al., 2022). *Streptococcus mutans* es el principal agente etiológico de la caries dental y está presente de forma natural en la cavidad bucal organizado en complejos microbianos orales. Esta bacteria Gram positiva sintetiza glucanos para adherirse e interactúa con otras especies de bacterias, lo que da lugar a la formación de una compleja biopelícula dental que favorece la aparición de caries (Zhang et al., 2022). *S. mutans* utiliza varios factores de virulencia para promover la formación de biopelículas cariogénicas y el desarrollo de la caries dental. Las glucosiltransferasas (Gtfs) son importantes factores de virulencia de *S. mutans*, que utilizan azúcares para sintetizar glucanos, promoviendo así la unión de las células bacterianas y la formación de una biopelícula (Yang & Kang, 2020). Se han desarrollado varios métodos para controlar la caries dental. El cepillado dental regular y el uso de hilo dental son los principales métodos para la prevención de la caries dental. El coadyuvar los procedimientos mecánicos para el control de la caries con agentes antimicrobianos para la higiene dental habitual, como la clorhexidina, el fluoruro sódico, las nanopartículas metálicas y los péptidos antimicrobianos, contribuyen a reducir la población de bacterias cariogénicas en las biopelículas (Zhang et al., 2022). Sin embargo, el uso continuo de productos químicos sintéticos y antibióticos con propiedades antimicrobianas convencionales puede provocar efectos secundarios como citotoxicidad, mutagenicidad y el aumento de la resistencia a los antibióticos de la mayoría de los agentes antimicrobianos, generando la necesidad de alternativas seguras, rentables y eficaces para el tratamiento de la caries dental (Vahabi et al., 2025; Yang & Kang, 2020).

Las plantas medicinales son una fuente importante de metabolitos con diversas propiedades biológicas que se utilizan como principios activos para el tratamiento de enfermedades. Se utilizan desde hace siglos y la Organización Mundial de la Salud reconoce su importancia para la salud pública. En los últimos años, metabolitos secundarios de plantas como flavonoides, alcaloides, terpenoides, y saponinas, entre otros, han demostrado ser potentes agentes antimicrobianos (Rodríguez-Garza et al., 2023). Las hojas de *Olea europaea* y los frutos del olivo tienen una antigua historia de prácticas terapéuticas y tradicionales como parte esencial de la cultura mediterránea debido a los polifenoles (Singer & Bourauel, 2021). Los extractos de hoja de olivo contienen muchos de estos polifenoles bioactivos, que presentan diversos beneficios para la salud, como propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antitumorales, hepatoprotectoras, neuroprotectoras, inmunoestimulantes, antivirales y antimicrobianas (Prevete et al., 2024). El objetivo de presente estudio fue evaluar el potencial antimicrobiano *in vitro* del extracto acuoso (EA) de las hojas de *O. europaea* contra *S. mutans* (Figura 1).



Created in BioRender.com 

**Figura 1.** Actividad antimicrobiana de *Olea europaea* (olivo)..

## 2. Materiales y Métodos

### Material vegetal y extracción

La planta se adquirió en Pacalli® (pacalli.com.mx; Monterrey, México) y se depositó una muestra de la planta en el herbario de la Facultad de Ciencias Biológicas (FCB) de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Nuevo León, México para su correcta identificación taxonómica. En la Tabla 1 se presenta información completa sobre la especie de la planta, familia, nombre botánico, la parte específica de la planta empleada para la preparación del extracto y el voucher del espécimen. Antes de la extracción, el material vegetal se secó meticulosamente y se molió en un molino mecánico hasta obtener un polvo fino. Para la extracción, se añadieron 20 g de las hojas pulverizadas de la planta a 500 mL de agua destilada previamente calentada en un matraz redondo de 1000 mL hasta el punto de ebullición. Posteriormente, se aplicó una agitación constante (300 rpm) hasta que la infusión alcanzó la temperatura ambiente, tras lo cual se filtró (Whatman™, Piscataway, USA) papel de filtro cualitativo, grado 1) y se distribuyó en frascos de liofilización. Inmediatamente después, los extractos se congelaron a  $-20^{\circ}\text{C}$  durante 24 h y se sometió a un proceso de liofilización durante 36 h ( $-50^{\circ}\text{C}$  / 0,2 mBar) en un liofilizador de laboratorio (Freezone 2.5 Liter Benchtop Freeze Dryer, Labconco, Missouri, USA).

**Tabla 1.** Identificación taxonómica de la planta medicinal utilizada en este estudio.

Especies de Plantas*	Familia	Nombre común	Parte de la planta	Número voucher
<i>Olea europaea</i>	Oleaceae	Olivo	Hojas	026697

\*El nombre y la familia botánica de la especie vegetal se validó taxonómicamente utilizando el sitio web ThePlantList (<https://www.theplantlist.org>; consultado el 5 de mayo de 2025).

#### Cultivo bacteriano

En esta investigación se utilizó la cepa de referencia *Streptococcus mutans* Clarke UA130 (ATCC 700611<sup>TM</sup>), que se adquirió en la American Type Culture Collection (ATCC) principal agente etiológico de caries dental (Zhang et al., 2022). Las condiciones de cultivo y crecimiento de *S. mutans* UA130 se basaron en las especificaciones técnicas de la ATCC, condiciones aeróbicas a 37 °C durante 24 h (Batubara et al., 2016). *S. mutans* se incubó durante 6 h, a 37 °C, hasta que el cultivo alcanzó un crecimiento exponencial (Thermo Scientific Lab-Line Incubator, EE. UU.).

#### Actividad antimicrobiana

Se realizó el método de difusión en disco partiendo de un cultivo bacteriano preparado en las mismas condiciones que las indicadas anteriormente hasta alcanzar la fase de crecimiento exponencial (Wilkins & Thiel, 1973), se sembraron 150 µL de inóculo en placas de agar infusión cerebro corazón (BHI, Becton Dickinson Bioxon®, México) y se colocó un disco de papel filtro de 6 mm (Whatman<sup>TM</sup>, Piscataway, USA) con 20 µL de AE de *O. europaea* (1000, 500, 250 y 125 µg/mL) (Alejandro Hernández-Marín et al., 2018a), en las placas de agar con *S. mutans* mediante el uso de una aguja estéril. El control positivo fue gluconato de clorhexidina al 0.12% (CHX, Ultradent Products Inc., Consepsis<sup>TM</sup>, South Jordan, UT, EE. UU.), utilizado habitualmente en odontología como desinfectante tópico en enjuagues bucales (Di Spirito et al., 2023). Las placas de cultivo se marcaron adecuadamente y se incubaron a 37 °C durante 24h. Finalmente, se midió la zona de inhibición alrededor del disco y se expresó en mm (Alejandro Hernández-Marín et al., 2018b). Para determinar la susceptibilidad del microorganismo al extracto acuoso, se realizó el método de concentración mínima inhibitoria (CMI) (Andrews, 2001) (Andrews, 2001). Los rangos de concentración fueron 1000, 500, 250 y 125 µg/mL. Se utilizó CHX como control positivo y agua destilada como control negativo. *S. mutans* se cultivó previamente como se ha descrito anteriormente. Se inoculó una concentración de  $10 \times 10^8$  UFC/mL de bacterias en microplacas de 96 pozos de fondo plano (COSTAR, Corning Inc., NY) que contenían medio TS y el extracto. El extracto se diluyó adecuadamente hasta un volumen final de 200 µL y después se incubó a 37 °C durante 24 h (Alejandro Hernández-Marín et al., 2018a) (Alejandro Hernández-Marín et al., 2018a). Tras la incubación se midió la absorbancia a 570 nm (Thermo Scientific GENESYS 10 UV Scanning Spectrophotometer, WI, USA) (Ricardo et al., 2016) (Ricardo et al., 2016).

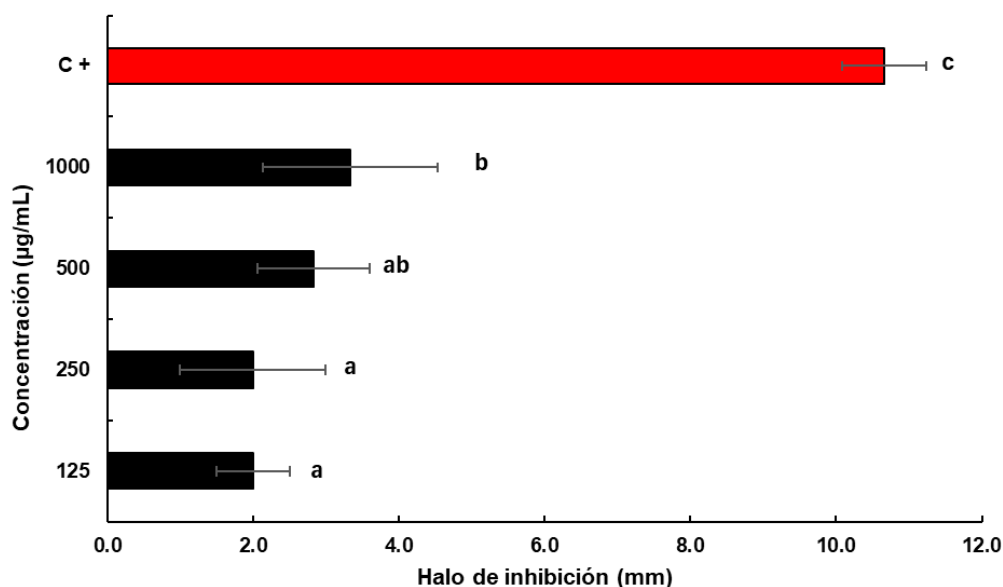
#### Análisis estadístico

Todos los experimentos se realizaron por triplicado ( $n = 3$ ). Los análisis estadísticos se realizaron con el programa Graph Pad Prism 6 (GraphPad Software Inc., San Diego, CA). Se calcularon los valores medios y la desviación estándar (DE). Las diferencias significativas de *O. europaea* y CHX (0,12 %) se evaluaron mediante la prueba Anova de una vía ( $p \leq 0,05$ ) y se aplicó una prueba *post-hoc* de Tukey para determinar la diferencia entre tratamientos.

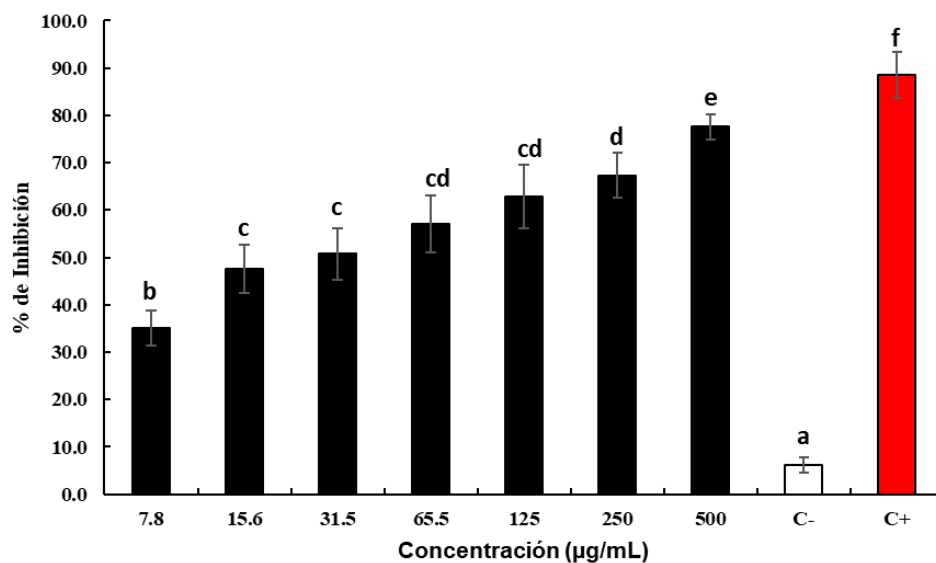
### 3. Resultados

#### Inhibición del crecimiento de *Streptococcus mutans* por el extracto acuoso de *Olea europaea*

El extracto acuoso de *O. europaea* frente a *S. mutans* determinado por el método de difusión en disco mostró que la zona media de inhibición fue de  $7,5 \pm 1,74$  mm a una concentración de 250 µg/mL. El control positivo, CHX mostró zonas de inhibición de  $9,0 \pm 0,51$  mm. En todas las concentraciones probadas, *S. mutans* fue significativamente ( $p < 0,05$ ) más sensible al AE de *O. europaea*. *O. europaea* mostró una inhibición del crecimiento del  $67,4 \pm 4,6$  % a concentraciones de 250 µg/mL. con un valor de  $IC_{50} = 96,97$  µg/mL.



**Figura 2.** Se muestran los datos resultantes a los halos de inhibición de *S. mutans* en mm causados por el extracto acuoso de *Olea europaea* (olivo) valuado a distintas concentraciones (µg/mL) comparación con el control positivo (C+, CHX 0.12%). Los datos se muestran como la media ± DS de tres experimentos independientes. Letras distintas representan alta diferencia significativa entre los tratamientos determinados por la prueba estadística Anova de 1 vía más la prueba *post-hoc* de Tukey.



**Figura 3.** Se muestran los datos resultantes al porcentaje (%) de inhibición bacteriana (*S. mutans*) causados por el extracto de *O. europaea* evaluado a distintas concentraciones en µg/mL y el control negativo y positivo. Los datos se muestran como la media ± DS de tres experimentos independientes. Letras distintas representan alta diferencia significativa entre los tratamientos determinados por la prueba estadística Anova de 1 vía más la prueba *post-hoc* de Tukey.

#### 4. Discusión

En el presente estudio demostramos que el EA de *O. europaea* tiene actividad antibacteriana contra *S. mutans*, a una concentración de 250 µg/mL, los valores de IC<sub>50</sub> del EA calculado fue de 96,97 µg/mL y el IC<sub>90</sub> fue de 325,54. Golestannejad et al. demostraron la actividad antibacteriana de extractos etanólico, metanólico e hidroalcohólico de *O. europaea* sobre *S. mutans*, en donde se observó que la concentración mínima inhibitoria (CMI) y la concentración mínima bactericida (CMB) fue de 12%-25%, 50%-75%, y 12%-25%, respectivamente; sin embargo, es muy probable que los extractos etanólico, metanólico e hidroalcohólico de la misma planta difieran en su composición (Golestannejad et al., 2020). Por otra parte, en el estudio realizado por Vahabi et al. reportaron que el extracto hidroalcohólico de *O. europaea* presenta

actividad antibacteriana sobre *Aggregatibacter actinomycetemcomitans* con una CMI de 0.78% v/v (Vahabi et al., 2025). Se ha reportado que el extracto metanólico de *O. europaea* ha mostrado actividad antibacteriana contra una amplia gama de patógenos orales, los resultados presentan similitudes con nuestro estudio. Elnahas et al. informaron que el extracto etanólico de *O. europaea* tiene actividad contra *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina (SARM), con una CMI de 15.6 mg/mL (Elnahas et al., 2021).

## 5. Conclusiones

Nuestros hallazgos subrayan la propiedad antimicrobiana del EA de *Olea europaea*. Se justifican más investigaciones, como el aislamiento biodirigido de componentes bioactivos, para evaluar su actividad biológica de forma más exhaustiva. Además, de dilucidar los mecanismos moleculares relacionados a sus acciones, y a su potencial aplicación en el tratamiento de la caries dental.

## 6. Conflictos de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

## Referencias

1. Alejandro Hernández-Marín, D., Guevara-Lara, F., Rivas-Morales, C., Verduzco-Martínez, J. A., Galindo-Rodríguez, S. A., & Sánchez-García, E. (2018a). Biological activity of *Nothoscordum bivalve* (L.) Britton and *Parthenium incanum* Kunth extracts. In *Indian Journal of Traditional Knowledge* (Vol. 17, Issue 4).
2. Alejandro Hernández-Marín, D., Guevara-Lara, F., Rivas-Morales, C., Verduzco-Martínez, J. A., Galindo-Rodríguez, S. A., & Sánchez-García, E. (2018b). Biological activity of *Nothoscordum bivalve* (L.) Britton and *Parthenium incanum* Kunth extracts. In *Indian Journal of Traditional Knowledge* (Vol. 17, Issue 4).
3. Andrews, J. M. (2001). Determination of minimum inhibitory concentrations. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 48(suppl\_1), 5–16. [https://doi.org/10.1093/jac/48.suppl\\_1.5](https://doi.org/10.1093/jac/48.suppl_1.5)
4. Batubara, I., Wahyuni, W. T., & Susanta, M. (2016). Antibacterial activity of zingiberaceae leaves Essential oils against streptococcus mutans And teeth-biofilm degradation. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 7(4), P111–P116. <https://doi.org/10.22376/ijpbs.2016.7.4.p111-116>
5. Di Spirito, F., Amato, A., Di Palo, M. P., Cannatà, D., Giordano, F., D'Ambrosio, F., & Martina, S. (2023). Periodontal Management in Periodontally Healthy Orthodontic Patients with Fixed Appliances: An Umbrella Review of Self-Care Instructions and Evidence-Based Recommendations. In *Dentistry Journal* (Vol. 11, Issue 2). MDPI. <https://doi.org/10.3390/dj11020035>
6. Elnahas, R. A., Elwakil, B. H., Elshewemi, S. S., & Olama, Z. A. (2021). Egyptian *Olea europaea* leaves bioactive extract: Antibacterial and wound healing activity in normal and diabetic rats. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 11(5), 427–434. <https://doi.org/10.1016/j.jtcm.2021.02.008>
7. Golestannejad, Z., Khozeimeh, F., Abtahi, R., Zarei, Z., Sadeghalbanaei, L., & Sadeghian, R. (2020). Inhibitory effects of ethanolic, methanolic, and hydroalcoholic extracts of olive (*Olea europaea*) leaf on growth, acid production, and adhesion of *Streptococcus mutans*. *Dental Research Journal*, 17(3), 179–185. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32774794>
8. Prevece, G., Donati, E., Ruggiero, A. P., Fardellotti, S., Lilla, L., Ramundi, V., Nicoletti, I., Mariani, F., & Mazzonna, M. (2024). Encapsulation of *Olea europaea* Leaf Polyphenols in Liposomes: A Study on Their Antimicrobial Activity to Turn a Byproduct into a Tool to Treat Bacterial Infection. *ACS Applied Materials and Interfaces*. <https://doi.org/10.1021/acsami.4c13302>
9. Ricardo, G.-F., Marcela, A. G.-G., Myriam, A. de la G.-R., Ramiro, Q.-L., & Patricia, T.-G. (2016). Antimicrobial effect of chalapensin against *Streptococcus mutans*. *Journal of Medicinal Plants Research*, 10(36), 631–634. <https://doi.org/10.5897/jmpr2016.6166>
10. Rodríguez-Garza, N. E., Quintanilla-Licea, R., Romo-Sáenz, C. I., Elizondo-Luevano, J. H., Tamez-Guerra, P., Rodríguez-Padilla, C., & Gomez-Flores, R. (2023). In Vitro Biological Activity and Lymphoma Cell Growth Inhibition by Selected Mexican Medicinal Plants. *Life*, 13(4), 958. <https://doi.org/10.3390/life13040958>
11. Singer, L., & Bourauel, C. P. (2021). Shear bond strength and film thickness of a naturally antimicrobial modified dental luting cement. *Molecules*, 26(5). <https://doi.org/10.3390/molecules26051276>
12. Vahabi, S., Torshabi, M., & Mirsharif, S. Z. (2025). In vitro comparison of antioxidant, cytotoxic, and antibacterial (against *Aggregatibacter actinomycetemcomitans*) effects of *Citrus reticulata*, *Olea europaea* extracts, and essential oils. *Dental Research Journal*, 22(1). [https://doi.org/10.4103/drj.drj\\_110\\_24](https://doi.org/10.4103/drj.drj_110_24)
13. Wilkins, T. D., & Thiel, T. (1973). Modified broth-disk method for testing the antibiotic susceptibility of anaerobic bacteria. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy*, 3(3), 350–356. <https://doi.org/10.1128/AAC.3.3.350>
14. Yang, S. Y., & Kang, M. K. (2020). Biocompatibility and antimicrobial activity of *reynoutria elliptica* extract for dental application. *Plants*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/plants9060670>

15. Zhang, Z., Yang, Y., Sun, Q., Zeng, W., & Li, Y. (2022). Inhibition of Biofilm Formation and Virulence Factors of Cariogenic Oral Pathogen *Streptococcus mutans* by Shikimic Acid. *Microbiology Spectrum*, 10(4). <https://doi.org/10.1128/spectrum.01199-22>

**Descargo de responsabilidad/Nota del editor:** Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son responsabilidad exclusiva de los autores y colaboradores individuales y no de SAV y/o el/lo editor/es declinan toda responsabilidad por daños personales o materiales derivados de ideas, métodos, instrucciones o productos a los que se haga referencia en el contenido.

**Cita:** Gloria-Garza, M. A., Quintanilla-Licea, R., Gutiérrez-Soto, G., Bazaldúa-Rodríguez, A. F., Castillo-Zacarias, C. J., & Elizondo-Luevano, J. H. (2025). Evaluación de la actividad antimicrobiana de *Olea europaea* (Olivo) contra la bacteria cariogénica *Streptococcus mutans*. *Scientia Agricolis Vita*, 2(1), 46–50. <https://doi.org/10.29105/agricolis.v2i1.27>

Editor Académico: Guadalupe Gutiérrez-Soto

Recibido: fecha: 15 de mayo

Revisado: fecha: 19 de mayo

Aceptado: fecha: 20 de mayo de 2025

Publicado: fecha: 21 de mayo de 2025



**Copyright:** © 2025 por los autores. Presentado para su posible publicación en acceso abierto bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



## SCIENTIA AGRICOLIS VITA

Revista de Investigación Científica de la Facultad de Agronomía - UANL

Volumen 02 / Número 01 / Enero - Junio / 2025