

Tendencias actuales de investigaciones interdisciplinarias en agricultura sustentable

Coordinadores

Emmanuel de Jesús Ramírez Rivera • Gregorio Hernández Salinas • Adán Cabal Prieto • Jorge Armida Lozano • Juan Cristóbal Hernández Arzaba



INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICA



Colegio de
Postgraduados

Tendencias actuales de investigaciones interdisciplinarias en agricultura sustentable



INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICA



Colegio de
Postgraduados

Comité Científico de la traducción al idioma náhuatl

M.C. Mauricio Rojas Ascensión
Profesor-Investigador del Tecnológico Nacional de México Campus Zongolica

Comité Técnico Científico de Arbitraje

Dr. José Manuel Juárez Barrientos
Universidad del Papaloapan Campus Loma Bonita

Dr. Ricardo Serna Lagunes
Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias - Universidad Veracruzana

Mtra. Alba Rocío Muñoz Madrid
Instituto de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Baja California

Dr. Jesús Rodríguez Miranda
Tecnológico Nacional de México- Instituto Tecnológico de Tuxtepec

Tendencias actuales de investigaciones interdisciplinarias en agricultura sustentable

Emmanuel de Jesús Ramírez Rivera

Gregorio Hernández Salinas

Adán Cabal Prieto

Jorge Armida Lozano

Juan Cristóbal Hernández Arzaba

Coordinadores



INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICA



Colegio de
Postgraduados

Tendencias actuales de investigaciones interdisciplinarias en agricultura sustentable. **Coordinadores:** Emmanuel de Jesús Ramírez Rivera, Gregorio Hernández Salinas, Adán Cabal Prieto, Jorge Armida Lozano y Juan Cristóbal Hernández Arzaba — Veracruz, México. 2025.

Publicación electrónica digital: descarga y online; detalle de formato: EPUB.

Primera edición

D. R. © copyright 2025. Emmanuel de Jesús Ramírez Rivera, Gregorio Hernández Salinas, Adán Cabal Prieto, Jorge Armida Lozano y Juan Cristóbal Hernández Arzaba

ISBN: **978-607-8964-18-5**

DOI: <https://doi.org/10.61728/AE20252632>



La presente obra fue dictaminada bajo el sistema de doble ciego y cuenta con el aval de los dictámenes de pares académicos en el campo de las ciencias agropecuarias en México.

Edición y corrección: **Astra ediciones**

Foto portada: Gregorio Hernández Salinas

Se prohíbe la reproducción, el registro o la transmisión parcial o total de esta obra por cualquier sistema de recuperación de información, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, por fotocopia, cualquier otro existente o por existir; sin el permiso previo, por escrito, del titular de los derechos.

Agradecimiento

Esta obra no habría sido posible sin la colaboración comprometida de todos los investigadores que, desde distintos enfoques disciplinarios, contribuyeron al fortalecimiento del libro: Tendencias actuales de investigaciones interdisciplinarias en agricultura sustentable. Agradecemos a cada institución por brindar las condiciones para el desarrollo del presente libro, al equipo editorial por su entrega y cuidado en cada detalle, y a los evaluadores por su crítica constructiva y rigurosa. A todos ellos, nuestro más sincero reconocimiento.

Atentamente

Emmanuel de Jesús Ramírez Rivera

Gregorio Hernández Salinas

Adán Cabal Prieto

Jorge Armida Lozano

Juan Cristóbal Hernández Arzaba

Contenido

Agradecimiento	7
-----------------------------	----------

Prólogo	13
----------------------	-----------

Jorge Armida Lozano

Sección I

Innovaciones en el manejo de cultivos y producción agrícola	15
--	-----------

Capítulo 1

Efecto del volumen del contenedor en el crecimiento de Vanilla planifolia Jacks. ex Andrews nativa en un clima tropical de México	17
--	----

Rosa I. Castillo Zamudio

José A. Ramírez García

Emmanuel de J. Ramírez Rivera

Jorge Armida Lozano

Mayra Y. De La Cruz De Jesús

Mauricio Rojas Ascensión

Sergio Reyes Rosas

Hilario García Martínez

Jasiel Valdivia Sánchez

Gregorio Hernández Salinas

Capítulo 2

Evaluación preliminar de la producción de cuatro clones de café (Coffea canephora var. Robusta) en Vicente Guerrero, Zongolica, Veracruz	29
---	----

Eber Y. Parra Pérez

Alejandro Llaguno Aguiñaga

Jasiel Valdivia Sánchez

Emmanuel de J. Ramírez-Rivera

Gregorio Hernández Salinas

José M. Sánchez Orea

Adán Cabal Prieto

Sección II

Sustentabilidad y cambio climático en la agricultura	37
---	-----------

Capítulo 3

Estimación del carbono capturado por caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el área de abastecimiento del ingenio Constanca, S. A. 39

Carlos E. Rasgado Ayala

Alejandro Llaguno Aguiñaga

Jasiel Valdivia Sánchez

Emmanuel de J. Ramírez Rivera

Gregorio Hernández Salinas

José M. Sánchez Orea

Capítulo 4

Efecto del uso de aguas residuales tratadas en un humedal artificial sobre el cultivo de rábano rojo (*Raphanus sativus*)..... 51

Luis A. Hernández Vásquez

Mauricio Rojas Ascensión

Gregorio Hernández Salinas

Emmanuel de J. Ramírez-Rivera

Luis C. Sandoval Herazo

Neira Sánchez Zarate

Yovani López González

Capítulo 5

Capacidad antioxidante de chiles silvestres de la región de Tezonapa en Las Altas Montañas de Veracruz, México 67

Maricruz Cruz Hernández

Víctor D. Cuervo Osorio

Adan Cabal Prieto

Julio E. Oney Montalvo

Jorge Armida Lozano

Gregorio Hernández Salinas

Cristal A. Guerrero Ortiz

Alejandro Llaguno Aguiñaga

Jasiel Valdivia Sánchez

Lucia Sánchez Arellano

Bibiana del P. Royero Benavides

Juan C. Hernández Arzaba

Emmanuel de J. Ramírez Rivera

Sección III

Tecnologías emergentes y comercialización de productos agrícolas 81

Capítulo 6

Uso de técnicas multicriterio para la obtención de una lista reducida de emociones y recuerdos para consumidores usando imágenes de cafés artesanales 83

Emmanuel Gómez Romero

Víctor D. Cuervo Osorio

Adán Cabal Prieto

Julio E. Oney Montalvo

Rogelio Limón Rivera

Jorge Armida Lozano

Gregorio Hernández Salinas

Luis A. Hernández Vásquez

Jasiel Valdivia Sánchez

Ana L. Piña Martínez

Sanar Muhyaddin

Juan C. Hernández Arzaba

Emmanuel de J. Ramírez Rivera

Capítulo 7

Comercialización local de *Dracaena fragrans* 'massangeana' en la Joya, Veracruz 97

Antonia Amador Arrillaga

Ismael Quiroz Guerrero

Jasiel Valdivia Sánchez

Yaqueline A. Gheno Heredia

Emmanuel de J. Ramírez Rivera

Gregorio Hernández Salinas

Cristal A. Guerrero Ortiz

Sección IV

Producción animal y economía agrícola 109

Capítulo 8

Costos en la producción de hule (*Hevea brasiliensis*) en el municipio de Tezonapa, Veracruz111

José M. Blanco Barragán

Susana I. Castillo Martínez

Hilario García Martínez

Rogelio Limón Rivera

Carlos H. Dimas García

Capítulo 9

Efecto de tres alimentos comerciales en la ganancia de peso en corderos

Dorper x Pelibuey 121

Ricardo Huerta Castro

Alejandro Llaguno Aguiñaga

Emmanuel de J. Ramírez Rivera

Gregorio Hernández Salinas

Adan Cabal Prieto

Jasiel Valdivia Sánchez

Semblanza de coordinadores 135

Prólogo

La agricultura, como actividad esencial para la supervivencia y el desarrollo humano, enfrenta en el siglo XXI retos que desafían su sostenibilidad y su capacidad de abastecer a una población global en constante crecimiento. Fenómenos como el cambio climático, la pérdida acelerada de recursos naturales, la disminución de la agrobiodiversidad y la inseguridad alimentaria demandan respuestas urgentes e innovadoras. En este contexto, surge la necesidad de replantear los paradigmas tradicionales de la producción agrícola, apostando por enfoques que integren la ciencia, la tecnología y la economía para construir un modelo sustentable que no solo sea viable en el presente, sino también para las generaciones futuras.

Este libro, titulado *Tendencias actuales de investigaciones interdisciplinarias en agricultura sustentable*, constituye un aporte significativo en esta búsqueda. A lo largo de sus cuatro secciones y nueve capítulos, se presentan estudios que reflejan el potencial transformador de la investigación interdisciplinaria, abordando los sistemas agrícolas desde una perspectiva holística. Cada capítulo ofrece una mirada profunda y fundamentada sobre temas clave, que van desde la evaluación de cultivos estratégicos como el café, la caña de azúcar, la vainilla y el chile silvestre, hasta el análisis de prácticas innovadoras como el uso de aguas residuales tratadas en cultivos de hortalizas. Además, se incluyen estudios sobre la comercialización agrícola, una dimensión crucial para conectar a los productores con los mercados y garantizar la sostenibilidad económica de las cadenas productivas.

Uno de los principales aportes de esta obra radica en su capacidad para integrar dimensiones sociales, ambientales y económicas, permitiendo así una comprensión más completa de los desafíos y oportunidades que enfrentan los sistemas agrícolas. En un mundo interconectado, donde los problemas locales tienen implicaciones globales, esta visión integral resulta imprescindible. Por ejemplo, los estudios incluidos en este libro no solo generan conocimiento científico aplicable en contextos específicos, como el estado de Veracruz, México, sino que también ofrecen modelos replicables para abordar retos similares en otras regiones del mundo. Este enfoque convierte a la agricultura sustentable en

un eje fundamental para garantizar la seguridad alimentaria, mitigar los efectos del cambio climático y conservar los recursos naturales de manera efectiva.

El valor de esta obra trasciende el ámbito académico. Su contenido está dirigido a un público diverso que incluye investigadores, estudiantes, tomadores de decisiones y agricultores, quienes encontrarán en estas páginas herramientas conceptuales y prácticas para impulsar el desarrollo de sistemas agrícolas más resilientes. La interdisciplinariedad de las investigaciones aquí reunidas también destaca por su capacidad para fomentar el diálogo entre disciplinas y sectores, un factor clave para la construcción de soluciones sostenibles y de largo plazo.

En un momento histórico donde los retos de la agricultura demandan una respuesta global, *Tendencias actuales de investigaciones interdisciplinarias en agricultura sustentable* se erige como un compendio inspirador y necesario. Confiamos en que su lectura motive nuevas iniciativas, impulse la colaboración interdisciplinaria y, sobre todo, inspire el compromiso colectivo hacia la construcción de un futuro agrícola más sustentable, equitativo y prometedor para toda la humanidad.

M.C. Jorge Armida Lozano
*Tecnológico Nacional de México: Instituto Tecnológico
Superior de Zongolica*

<https://doi.org/10.61728/AE20252649>



Sección **I**

**Innovaciones en el manejo de cultivos y producción
agrícola**



Capítulo 1

Efecto del volumen del contenedor en el crecimiento de *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews nativa en un clima tropical de México

Effect of container volumen on the growth of *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews native in a tropical climate of Mexico

Tlen panolis itech hueyi' nechikoltlatōkal tlen ipan moh iskaltia' Vainilla planifolia Jacks. ex Andrews tlen oneski' itech seh tlatotonik kaltepetl' yen Mexiko'

Rosa I. Castillo Zamudio¹ / José A. Ramírez García² / Emmanuel de J. Ramírez Rivera² / Jorge Armida Lozano² / Mayra Y. De La Cruz De Jesús² / Mauricio Rojas Ascensión³ / Sergio Reyes Rosas³ / Hilario García Martínez³ / Jasiel Valdivia Sánchez² / Gregorio Hernández Salinas²

Autor de correspondencia: Gregorio Hernández Salinas /
gregorio_18_18@live.com.mx

<https://doi.org/10.61728/AE20252656>



¹ Colegio de Postgraduados Campus Veracruz. Km. 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, Veracruz, 91690, México

² Innovación Agrícola Sustentable. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km. 4 Carretera S/N Tepetitlanapa. 95005 Zongolica, Veracruz, México

³ Ingeniería en Desarrollo Comunitario. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km. 4 Carretera S/N Tepetitlanapa. 95005 Zongolica, Veracruz, México.

Resumen gráfico



Resumen

Se evaluó el efecto del volumen del contenedor sobre el crecimiento de *V. planifolia* bajo un sistema de producción “casa-sombra” en Tezonapa, Veracruz. Esquejes de vainilla de 50 cm de longitud fueron sembrados en contenedores con sustratos (50 % de aserrín y 50 % de cascarilla de café). Los tratamientos evaluados fueron: testigo= 3 L, T1= 6 L, T2= 9 L, T3= 12 L, T4= 15 L y T5= 18 L de sustrato y se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar. Se evaluaron variables de crecimiento a las cuales se les aplicó un análisis de varianza y una comparación de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). Existieron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos en el crecimiento de *V. planifolia*. El T1 igualó estadísticamente al resto de tratamientos en las variables de crecimiento. Se concluye que el volumen del contenedor tuvo efecto en el crecimiento de *V. planifolia*.

Abstract

*The effect of container volume on the growth of *V. planifolia* was evaluated under a “mesh shade” production system in Tezonapa, Veracruz. Vanilla cuttings 50 cm long were planted in containers with substrates (50% sawdust and 50% coffee bagasse). The treatments evaluated were control = 3 L, T1 = 6 L, T2 = 9 L, T3 = 12 L, T4 = 15 L and T5 = 18 L of substrate and were distributed in a completely randomized experimental design. Growth variables were evaluated to which an analysis of variance and a comparison of means with the Tukey test ($P \leq 0.05$) were applied. There were significant differences ($P \leq 0.05$) between treatments in the growth of *V. planifolia*. T3 is statistically equal to the other treatments in growth variables. It is concluded that the volume of the container had an effect on the growth of *V. planifolia*.*

Tlahtosepanol

Omoh tomachi' tlen mochihua' itech hueyi' nechikoltlatōkal ipan moh iskaltlil *V. planifolia* Itlampa seh tekitlasalol tlamochihual "tlekahuil kalli'" itech kaltepetl Tezonpan, Veracruz. Iselohuan vainilla yen 50cm ik hueyakeh omoh tōkakeh itech nechikoltlatokmeh ikah tlalmeh (50% kua'payaxtli' ihuan 50% kāhjuen ehuayotl). Mochihualolmeh tlen omōtomachihkeh oya'keh: $I_{\text{xpan}} = 3L$ $T1 = 6L$, $T2 = 9L$, $T3 = 12L$, $T4 = 15L$ ihuan $T5 = 18L$ yen tlalli' ihuan omoh xitini'keh itech nēnextil yehyēkol nochi' tlatlatlahko'. Omoh tomachi'keh moh patlakeh moh iskaltlil akin yehjuan okin tlalilihkeh seh ixtokalis patlal ihuan seh motomachi' tlahkotian ikah yehyēkol Tukey ($P \leq 0.05$). Oyetōkeh otlamanti' yek kistokeh ($P \leq 0.05$) intlahko' mochihualolmeh itech iskaltlil yen *V. planifolia*. Yen T okih panahui' pohualyol ken oksekimeh mochihualolmeh itech patlalmeh iskaltlil. Ik tlami' moh ihtohua' Tlen hueyi' tlanechikol okipixki' omōchi' itech iskaltlil yen *V. planifolia*.

I. Introducción

México presenta una diversidad genética amplia de especies de orquídeas nativas al albergar 168 géneros y 1254 especies para la familia Orchidaceae (Tejeda-Sartorius et al., 2017); pero, desafortunadamente, los factores antropogénicos están perturbando los hábitats de las epífitas, conllevando su extinción y pérdida de material genético (Soto-Arenas et al., 2007). El género *Vanilla* contiene entre 100 y 110 especies (Govaerts et al., 2008), destacando por su valor socioeconómico la *Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews (González-Chávez et al., 2018), la cual es una orquídea, que no está exenta de esta problemática, principalmente las poblaciones naturales como la Oreja de Burro. Además, se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como estatus de sujeta a protección especial (DOF, 2010). *Vanilla planifolia* es originaria de México y se empezó a domesticar por la cultura totonaca de Veracruz (Santillán-Fernández et al., 2019). Los mismos autores señalan que el estado de Veracruz es el principal productor de vainilla con el 70 % del volumen de la producción, pero existen problemas de organización y de manejo agronómico que pudieran contribuir al abandono del cultivo, entre otros factores.

En lo referente al manejo, se ha estudiado el efecto de sustratos orgánicos y biofertilizantes para la promoción de raíces en los esquejes de *V. planifolia* (Martínez-Monter et al., 2022). Por su parte, González-Chávez et al. (2018) evaluaron dosis de vermicompost en el crecimiento y nutrición en el enrai-

zamiento de esquejes de *V. planifolia*. En Yuca se ha registrado que el tipo de contenedor influye en la aclimatación en invernadero de plántulas de yuca propagadas in vitro (Rodríguez-Henao et al., 2022). Sin embargo, no se han registrado aspectos del crecimiento de los esquejes de vainilla utilizando varios volúmenes de contenedores, por lo que con el presente estudio, se pretende contribuir a la búsqueda de alternativas para producir estacas de vainilla con crecimiento adecuado en un sistema de producción “casa-sombra” usando contenedores ecológicos con sustratos orgánicos; y sobre todo, elaborados tales contenedores con material de madera y que pudieran ser reutilizables para futuras siembras. Generalmente, los productores de vainilla emplean residuos vegetales en descomposición o compost (González-Chávez et al., 2018). En este sentido, el objetivo fue evaluar el efecto del volumen del contenedor en el crecimiento de *V. planifolia* bajo un sistema de producción “casa-sombra” en Tezonapa, Veracruz, México.

II. Materiales y métodos

Ubicación del experimento

Los esquejes de *V. planifolia* de 50 cm de longitud (libre de daños y/o enfermedades) se sembraron en un sistema de producción de casa-sombra (intercepción de luz de 60 %), ubicado en el municipio de Tezonapa, Veracruz, México. Se localiza a -96.719 de longitud oeste (grados decimales); latitud norte: 18.571 (grados decimales); y una altitud de 220 msnm. El clima es clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Am) (García, 1998).

Preparación y mezclas del sustrato para el llenado de los contenedores

El sustrato utilizado en el presente ensayo corresponde a una mezcla de sustratos en proporciones volumétricas de 50 % de aserrín y 50 % de cascarilla de café, que fue homogeneizado y mezclado perfectamente para subsecuentemente llenar los contenedores. La cascarilla de café se considera como principal fuente de materia orgánica (Martínez-Monter et al., 2022). El sustrato se esterilizó con la aplicación de calor mediante agua caliente (temperatura de aproximadamente 100 °C), a fin de prevenir enfermedades o patógenos que podrían afectar el desarrollo del esqueje de vainilla.

Trasplante en campo bajo malla sombra

Los contenedores con el sustrato correspondiente se humedecieron en un 70% tomando la lectura con un medidor de humedad de suelo Gobetter, y enseguida se colocó un esqueje de vainilla en cada una de ellas, previamente desinfectado al 5 % con hipoclorito de sodio (NaClO) (Rodríguez-Henao et al., 2022).

Tratamientos y diseño experimental

Los tratamientos con *V. planifolia* fueron diferentes volúmenes de contenedores con sustratos orgánicos que permanecieron bajo condiciones de un sistema de producción “casa-sombra”. Se consideró como testigo, a las bolsas de polietileno comerciales con capacidad de 3 L. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA), con seis tratamientos y cuatro repeticiones para un total de 24 contenedores (Tabla 1), en donde cada uno de ellos corresponde a una unidad experimental (un esqueje).

Tabla 1.

Tratamientos volumétricos de contenedores con sustratos orgánicos estudiados en el crecimiento de *V. planifolia* bajo condiciones de “casa-sombra”

Tratamiento	Capacidad de sustrato (L)	Sustrato (cascarilla-aserrín, %)
Testigo (bolsa de polietileno)	3	50-50
T1	6	50-50
T2	9	50-50
T3	12	50-50
T4	15	50-50
T5	18	50-50

Se evaluaron las variables siguientes: Porcentaje de supervivencia: se contaron las plantas vivas y muertas a los 100 ddt (días después del trasplante). Número de brotes: se realizó un conteo cuantitativo hasta que apareciera el brote vegetativo. Diámetro de tallo: se midió a los 5 cm de altura, para ello se usó un vernier digital con precisión de ± 1.0 mm. Ancho de hoja: se midió manualmente utilizando una regla de 30 cm. Largo de hoja: se midió desde la parte basal hasta la apical de la hoja utilizando una regla de 30 cm. Se midieron estas variables cada 8 días hasta los 100 ddt, momento en que finalizó el experimento.

Análisis estadístico

Los datos (número de brotes, diámetro de tallo, ancho y largo de hoja) de cada tratamiento se analizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA) con el paquete de Infostat versión 2008 (Di Rienzo et al., 2008) y se aplicó una comparación de medias entre tratamientos con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). También se usó el programa Excel 2007 para capturar los datos de los diferentes muestreos.

III. Resultados y discusión

De acuerdo con el ANOVA no existió diferencias significativas ($P \geq 0.05$) en el tiempo*tratamiento en las variables respuesta número de brotes, diámetro de tallo, ancho de hoja y largo de hoja) de la planta de vainilla.

Porcentaje de supervivencia

A los 100 ddt, el 100 % de los esquejes había prendido en el sustrato combinado, independientemente del volumen del contenedor (Figura 1). Por lo que se infiere que la combinación 50 % de aserrín y 50 % de cascarilla de café es adecuado para el prendimiento de esquejes de vainilla bajo un sistema de producción de “casa-sombra”.

Figura 1.

*Supervivencia de *V. planifolia* bajo un sistema de “casa-sombra”*

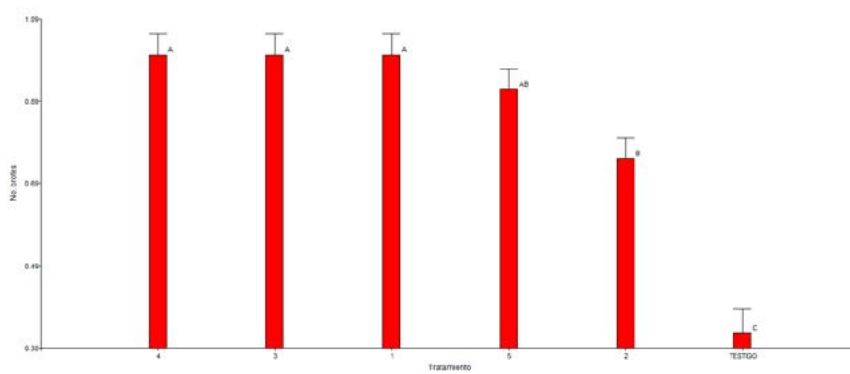


Número de brotes

La Figura 2 revela que los mejores tratamientos estadísticamente ($P < 0.05$) fueron los 1, 3 y 4, al presentar 0.9 brotes por planta de *V. planifolia* en contraste con el testigo, el cual tuvo los valores más bajos (0.4 brotes por planta).

Figura 2.

Medias de número de brotes en *V. planifolia* entre seis volúmenes de contenedores. Tratamientos: Testigo= 3 L, T1=6 L, T2=9 L, T3= 12 L, T4= 15 L y T5= 18 L de sustrato combinado en un 50 % de aserrín y 50 % de cascarilla de café

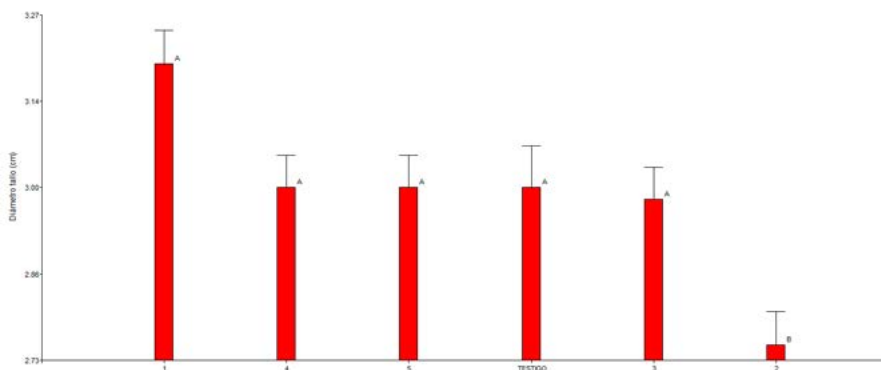


Diámetro de tallo

La Figura 3 muestra que el diámetro del tallo de la planta de *V. planifolia*, fue mejor estadísticamente ($P < 0.05$) para los tratamientos 1, 3, 4, 5 y testigo al presentar los valores más altos en contraste con el T2, el cual tuvo los valores más bajos.

Figura 3.

Medias del diámetro de tallo en *V. planifolia* en seis volúmenes de contenedores. Tratamientos: Testigo= 3 L, T1=6 L, T2=9 L, T3= 12 L, T4= 15 L y T5= 18 L de sustrato combinado en un 50 % de aserrín y 50 % de cascarilla de café

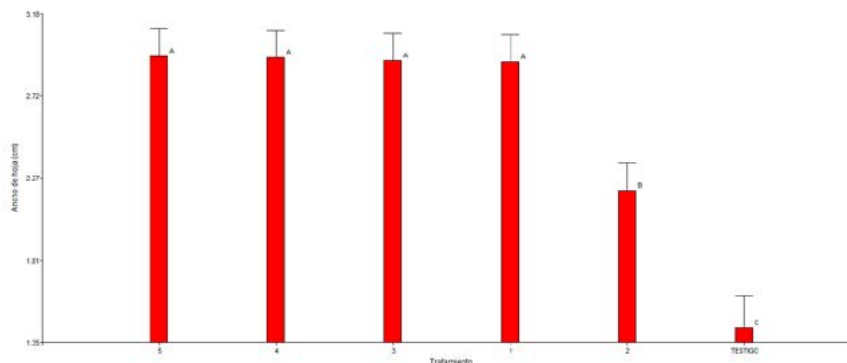


Ancho de hoja

La Figura 4 manifiesta que los mejores tratamientos estadísticamente ($P < 0.05$) fueron los 1, 3, 4 y 5 al presentar los valores más altos en el ancho de la hoja de la planta de *V. planifolia* en contraste con el testigo, el cual ostento los valores más bajos.

Figura 4.

Medias del ancho de la hoja en *V. planifolia* entre seis volúmenes de contenedores. Tratamientos: Testigo= 3 L, T1=6 L, T2=9 L, T3= 12 L, T4= 15 L y T5= 18 L de sustrato combinado en un 50 % de aserrín y 50 % de cascarilla de café

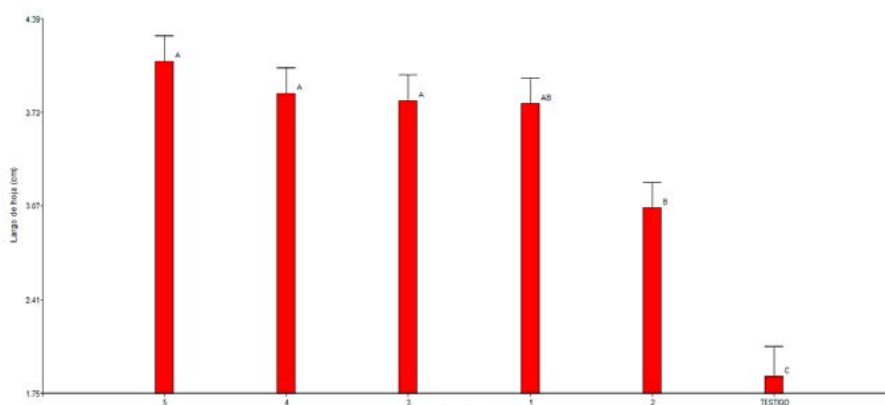


Largo de hoja

Los tratamientos 3, 4 y 5 presentaron los valores más altos estadísticamente ($P < 0.05$) en el largo de la hoja de la planta de *V. planifolia* respecto al testigo (Figura 5).

Figura 5.

Medias del largo de la hoja en *V. planifolia* en seis volúmenes de contenedores. Tratamientos: Testigo = 3 L, T1=6 L, T2=9 L, T3= 12 L, T4= 15 L y T5= 18 L de sustrato combinado en un 50 % de aserrín y 50 % de cascarilla de café



En el presente estudio se evidencia que el volumen del contenedor con sustratos orgánicos mostró efecto significativo en el crecimiento de la planta de vainilla. Al respecto, Martínez-Monter et al. (2022) reportan que preparación de abonos orgánicos con residuos locales son una alternativa económicamente viable y proveen las necesidades requeridas para el crecimiento de la vainilla; y que debido a los altos contenidos de materia orgánica ayudan a recuperar los suelos agrícolas. González-Chávez et al. (2018) encontraron que los niveles de vermicomposta (%) no influyeron en el número de hojas, el número y longitud total de raíces primarias, secundarias o terciarias en las plantas de vainilla; pero, sí en el área foliar de las hojas al añadirse más vermicomposta. Rodríguez-Henao et al. (2022) cuando usaron un recipiente de 0.539 litros de sustrato conteniendo plántulas in vitro de yuca obtuvieron altos porcentajes de endurecimiento (75 %).

Las limitaciones del presente trabajo es que se evaluaron únicamente esquejes de vainilla a nivel de fase fenológica vegetativa bajo condiciones de un sistema de producción “casa-sombra”; no obstante, en futuros trabajos de

investigación es necesario evaluar la composición fisicoquímica del sustrato, la fase reproductiva y rendimiento de la planta. Sin embargo, hemos generado resultados valiosos para la región de Tezonapa, porque no se habían revelado evidencias científicas con relación al crecimiento de la planta de vainilla empleando contenedores con diversos volúmenes de sustratos orgánicos y sobre todo que estén disponibles en la región.

IV. Conclusiones

Existieron diferencias significativas entre tratamientos (contenedores) con sustratos combinados (50 % de aserrín y 50 % de cascarilla de café) sobre el crecimiento de *V. planifolia*, en donde de manera general el tratamiento T1 (6 L de sustrato) fue estadísticamente igual a la mayoría de los tratamientos, excepto al testigo, en todas las variables de crecimiento medidas. Por lo que se recomienda al productor de vainilla que con 6 L de sustrato combinado (50 % de aserrín y 50 % de cascarilla de café) es suficiente para un adecuado crecimiento de la planta de vainilla, en condiciones de un sistema de producción “casa- sombra”.

V. Bibliografía

- Di Rienzo, J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2008). *InfoStat*, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. 336 p.
- DOF (Diario Oficial de la Federación) (2010). Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. 78p.
- García, E. (1998). *Climas de la República* (clasificación de Köppen, modificado por García). Escala 1: 000 000. UNAM México.
- González-Chávez, M.C., Carrillo-González, R., Villegas-Monter, A., Delgado-Alvarado, A., Perea-Vélez, S.Y., Herrera-Cabrera, B.E. (2018). *Uso de vermicompost para la propagación de estacas de vainilla* (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews). *Agroproductividad* 11(3): 22-28.
- Govaerts R., M.A. Campacci, H. Baptista D., Cribb P., George A., Kreuz K., y Wood J. (2008). *World Checklist of Orchidaceae*. The Board of Trustees of the Royal Botanic Gardens, Kew.
- Martínez-Monter, J.P., García-López, E., Castillo-Martínez, A., Romero-San-

- tos, R.D., Fajardo-Franco, M.L., Ortega-Acosta, S.A., Palemón-Alberto, F. (2022). *Sustratos orgánicos en el Desarrollo de raíces en esquejes de vainilla* (*Vanilla planifolia* Jacks. ex Andrews). *Acta Agrícola y Pecuaria* 8:e00881014. <https://doi.org/10.30973/aap/2022.8.0081014>.
- Rodríguez-Henao, E., Garavito-Morales, L.V., Puentes-Díaz, C.L., Rozo-Legui-zamón, Y., Aguilera-Arango, G.A. (2022). Evaluación del tipo de contenedor para la aclimatización en invernadero de plántulas de yuca propagadas in vitro. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 9(3): 28-35. <https://doi.org/10.53287/efct6756wz16t>.
- Santillán-Fernández, A., M. Trejo C., A. Martínez S., L. Martínez A., N. Vásquez B., y S. Luis M. (2019). Potencial productivo de *Vanilla planifolia* Jacks en el Totonacapan, México, mediante técnicas geográficas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 10: 789-802.
- Soto-Arenas M.A., E. Hágsater, R. Jiménez M, G. Salazar C, R. Solano G, R. Flores G & I. Ruiz C. (2007). *Las orquídeas de México*. Catálogo Digital. Herbario Amo. Instituto Chinoín A.C. México, D.F.
- Tejeda-Sartorius, O., M. A. A. Téllez-Velasco, y J. J. Escobar-Aguayo. 2017. Estado de conservación de orquídeas silvestres (Orchidaceae). *Agroproductividad* 10: 3-12.

Capítulo 2

**Evaluación preliminar de la producción de cuatro clones de café
(*Coffea canephora* var. Robusta) en Vicente Guerrero, Zongolica,
Veracruz**

*Preliminary evaluation of the production of four clones of coffee
Coffea canephora Var. Robusta in Vicente Guerrero, Zongolica,
Veracruz*

*Ihtalisyol pehualis itech mochihualol yen nahui xi'ixkopinal kähjuen
(Coffea canephora) var. chikahuak itech kaltepetl Vicente Guerrero,
Zongolica, Veracruz*

Eber Y. Parra Pérez¹ / Alejandro Llaguno Aguiñaga¹ / Jasiel Valdivia
Sánchez¹ / Emmanuel de J. Ramírez-Rivera¹ / Gregorio Hernández Salinas¹ /
José M. Sánchez Orea¹ / Adán Cabal Prieto²

Autor de correspondencia: Alejandro Llaguno Aguiñaga /
llaguno.agronomo@zongolica.tecnm.mx

<https://doi.org/10.61728/AE20252663>



¹ Innovación Agrícola Sustentable. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km. 4 Carretera S/N Tepetitlanapa. 95005 Zongolica, Veracruz, México.

² Maestría en Ingeniería. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Av. 25 Poniente No. 100, Colonia Reserva Territorial 94106, Huatusco, Veracruz, México.



Resumen

El café robusta (*Coffea canephora*) es originario de la cuenca del río Congo y representa el 4 % de la producción de café en México, concentrado en Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Puebla. Esta investigación evaluó el rendimiento de cuatro clones de café robusta en Vicente Guerrero, Zongolica, Veracruz. En 2015, se estableció una parcela con plantas propagadas por estaca de cuatro clones del INIFAP: 0024, 9714, 9715 y 0028. La plantación se dividió en 8 bloques con 4 hileras cada uno, y se realizaron cortes manuales en dos cosechas. Los datos de peso se analizaron con el programa R, mostrando diferencias significativas entre los clones. En el primer año, el clon 0024 tuvo el mayor rendimiento con una media de 87.33 kg, mientras que en el segundo año, el clon 9714 fue el más productivo con una media de 2049.511 kg.

Abstract

Robusta coffee (*Coffea canephora*) represents 4 % of coffee production in Mexico, concentrated in Chiapas, Veracruz, Oaxaca and Puebla. This research evaluated the yield of four clones of robusta coffee in Vicente Guerrero, Zongolica, Veracruz. In 2015, a plot was established with plants propagated by cuttings of four clones from the National Institute of Forestry, Agricultural and Livestock Research: 0024, 9714, 9715 and 0028. The plantation was di-

vided into 8 blocks with 4 rows each and 20 plants each. The weight data was analyzed with the R program, showing significant differences between clones. Clone 0024 had the highest yield during the 2017 and 2018 harvest, with an average of 87.33 kg and 204.95 kg.

Tlahtolsepanol

Yen kähjuen chikahuak (*Coffea canephora*) oneskih itech kaltepehueyatl Rio Congo ihuan kih ixpantihtok yen 4 % tlen mochihualol kähjuen itech Mexiko', mohsepanohtok itech Chiapas, Veracruz, Oaxaca ihuan Puebla. Inin tlatzinto'kayotl oki'tomachi' mochihualol itech nahui xi'ixkopinalmeh yen Kähjuen robusta itech kaltepetl Vicente Guerrero, Zongolica, Veracruz, itech xihkayotl 2015, omoh tōkak itech seh tlalli' ikah kuahtlakōmeh tlen okiskeh itech nahui' xi'ixkopinalmeh, tlen okin temakak INIFAP:0024,9714,9715 ihuan 0028. xītlatokyo' omoh xelo' ipan 8 tzakualis ikah 4 tekpanalmeh se'semeh yehjuan ihuan omoh mātek omeh ohtli'. Pohualtomachi'keh omoh ikxitokākeh ikah Programa R, okixpanti' oktlamanti' kualkistokeh intech yen xi'ixkopinalmeh. Itech achto xihuitl, xiíxkopinal 0024 oki'pixkih tlayakankih mochihualol ikah seh tlahkotian 87.33 kg, ihkuak itech omepan xihuitl, xi'ixkopinal 9714 tlen okachi' omōchi' ikah seh tlahkotian 2049.511 kg.

I. Introducción

El café es uno de los productos más populares alrededor del mundo. Esta preferencia le ha otorgado el segundo lugar en la lista de los productos de mayor importancia económica a nivel mundial (García y Escobar, 2006; Temis-Pérez et al., 2011). El café pertenece al género *Coffea* de la familia de las rubiáceas. El género *Coffea* tiene diversas especies, pero solo dos de ellas tienen una importancia económica real, las cuales son: *Coffea arabica* L. (café arábigo) y *Coffea canephora* Pierre (café robusta). La especie *Coffea canephora* Pierre, conocida como café robusta, fue descubierta en el antiguo Congo belga en el siglo XIX, pero esta especie es nativa de África ecuatorial. Se introdujo en el sudeste de Asia, después de que la roya del cafeto, enfermedad causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, destruyera los cultivos de café arábigo en Ceilán (Duicela et al., 2004; Akaki y Echanove, 2005; Manson et al., 2008).

La producción de café es un proceso complejo y multifacético que abarca desde la selección de variedades y el cultivo de plantas hasta la cosecha, procesamiento y comercialización del producto final (Ávila & Cortes, 2013;

Calderón & Guambi, 2014; Bedoya & Salazar, 2014). Este documento se enfoca en evaluar la producción preliminar de diferentes clones de café robusta (*Coffea canephora*) en la región de Zongolica, Veracruz. La importancia del café robusta en México es significativa, representando un 4 % de la producción total de café en el país, con una concentración notable en los estados de Chiapas, Veracruz, Oaxaca y Puebla. Este estudio busca identificar los clones más productivos y adaptables a las condiciones locales, con el objetivo de mejorar la eficiencia y rentabilidad de los cultivos de café en la región.

II. Materiales y métodos

El trabajo se llevó a cabo en la localidad de Vicente Guerrero, municipio de Zongolica, Veracruz. Se ubica a una altitud de 200 metros sobre el nivel del mar. (Latitud 18.571389, Longitud -96.873889). El clima predominante es templado húmedo con lluvias en verano con temperatura media anual de 17.4°C.

Se estableció una parcela en 2015 con cuatro clones fueron liberados del programa de mejoramiento genético del campo experimental Rosario Izapa del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), que fueron: 0024, 9714, 9715, 0028, fueron propagados asexualmente por el método de estacas enraizadas. La parcela se dividió en 8 bloques, cada uno con 4 hileras de 20 plantas (Méndez, 2011).

La cosecha se realizó manualmente en tres cortes para el ciclo 2017 y tres cortes para el ciclo 2018 se seleccionaron solo frutos bien llegados (rojos), utilizando bolsas de plástico para recolectar el café. Se identificaron con etiquetas por número de bloque, clon y planta y se pesaron con una balanza granataria. Los granos se secaron en una estufa consistente en una cámara de madera con 12 focos incandescentes de 100 watts de focos. Una vez que los granos estuvieron secos se majaron (Separación de los cotiledones de la cáscara) mediante un molino manual (Gómez, 2004; Hernández- Martínez, et al., 2013).

Los datos de peso de cosecha en cereza se analizaron utilizando el programa R, mostrando diferencias significativas en el rendimiento entre los cuatro clones.

III. Resultados y discusión

En el ciclo de producción 2017 se observaron diferencias significativas entre los clones. El clon 0024 fue el que presentó mayor rendimiento con un valor promedio de 87.33 kg, seguido del clon 9714, este presentó un valor promedio de producción de 72.92 kg. Ambos clones fueron sobresalientes en la producción,

los dos últimos el 9715 y 0028 su rendimiento fue similar, pero diferentes a los dos primeros. Cabe señalar que las diferencias entre los cuatro clones fueron significativas, ya que el primero es el doble de rendimiento en comparación con el de menor producción, son datos importantes para las recomendaciones a los productores, en el cual ellos decidan que clon quieren sembrar en función de su rendimiento (Tabla 1).

Tabla 1.

Rendimiento de cuatro clones de café durante el año 2017

Número	Clon	Rendimiento (kg)
1	0024	87.33 a*
2	9714	72.92 ab
3	9715	56.05 bc
4	0028	41.88 c

*Medias con la misma letra en cada columna estadísticamente son iguales de acuerdo con $P \leq 0,05$.

Durante la producción de 2018 se incrementó el rendimiento, los tres clones que destacaron fueron el 0024 con 204.95 kg, seguido del clon 9714 con 203.06 kg y el clon 9715 con 193.91 kg. El clon que fue muy distinto en rendimiento fue el clon 0028 con 137.49. Aunque estos datos, son la evaluación del segundo año de producción, los rendimientos son muy variados entre clones, esto deja un aprendizaje significativo, para compartir en transferencia de tecnología a los productores de café, donde se les muestre el comportamiento fisiológico de los clones que se están introduciendo en la región de Tezonapa.

Es importante señalar que cada clon está determinado, por su carga genotípica y que esta a su vez da como resultado la expresión genotípica, ante los ambientes en los cuales se desarrolla (Ramírez, 2009). Estos cuatro clones fueron establecidos en las mismas condiciones agroecológicas, climáticas y el mismo manejo agronómico, por lo cual el rendimiento debería ser similar, pero al obtener estos resultados hubo diferencias significativas en el rendimiento, acorde a la prueba de medias Tukey ($P \leq 0,05$) (Tabla 2).

Tabla 2.*Rendimiento de cuatro clones de café durante el año 2018*

Número	Clon	Rendimiento (kg)
1	0024	204.95 a*
2	9714	203.06 a
3	9715	193.91 a
4	0028	137.49 b

*Medias con la misma letra en cada columna estadísticamente son iguales de acuerdo con $P \leq 0,05$.

IV. Conclusiones

La evaluación preliminar de los cuatro clones de café robusta (*Coffea canephora*) en la localidad de Vicente Guerrero, Zongolica, Veracruz, ha demostrado diferencias significativas en el rendimiento de los clones durante los dos primeros años de producción. El clon 0024 mostró el mayor rendimiento en el primer y segundo año, mientras que el clon 9714 destacó en el segundo lugar. Estos resultados subrayan la importancia de continuar con la evaluación a largo plazo para determinar la estabilidad y consistencia del rendimiento de cada clon bajo las condiciones edafoclimáticas específicas de la región.

Además, se recomienda realizar análisis de suelo y aplicar planes de fertilización adecuados para optimizar la producción. La investigación también sugiere la necesidad de evaluar más clones de café robusta para identificar aquellos con el mejor desempeño en la región de Zongolica y Tezonapa, Veracruz. Estos hallazgos son cruciales para mejorar las prácticas agrícolas y aumentar la productividad del café robusta en la región, contribuyendo así al desarrollo económico y social de las comunidades locales.

V. Bibliografía

- Akaki, P. P. y Echánove, H., F. (2005). Cadenas globales y café en México. *Cuadernos Geográficos*, 38:69-86.
- Ávila, J. A. & Cortes, V. O. S., (2013). *Estimación de rendimientos en el sector agropecuario*.
- Bedoya, M. y Salazar, R. (2014). *Optimización del uso de fertilizantes para el cultivo de café*.

Business Review. Reimpresión R0801E-E.43

Calderón, G. A. E. & Guambi, L. A. D., (2014). *Guía Técnica para la producción y poscosecha del café robusta*. Sica. Tercera edición: COFENAC.

Duicela, L., García, J., Corral, R., Farfán, D., Fernández, F. (2004). *Calidad física y organoléptica de los cafés robustas ecuatorianos*. Ed. Consejo Cafetalero Nacional. Ecuador. 53 p.

García, C. R. y Escobar, O. E. S. (2006). Caracterización de las cadenas de valor y abastecimiento del sector agroindustrial del café. *Cuad. Adm.* 19 (31): 197-217.

Gómez, E. O. D., (2004). *Manual agropecuario, tecnologías orgánicas de la granja autosuficiente*. Primera edición. Fundación hogares campesinos

Hernández- Martínez, G., Escamilla, F. S., Velázquez, P. T. y Esparza, C. J. P. (2013). La calidad: parte de una estrategia de sostenibilidad cafetalera en Veracruz, México. *LEISA* 29(2):17-20.

Manson, R., Contreras, H. A. y López-Barrera, F. (2008). Estudios de la biodiversidad en cafetales. In: Manson R, V. Hernández, S. Gallina, K. Mehltreter (eds.), *Agroecosistemas cafetaleros de Veracruz: biodiversidad, manejo y conservación*. Instituto Nacional de Ecología/Instituto de Ecología, A. C., México. 1-14.

Méndez, I. (2011). *Paquete Tecnológico Café Robusta (Coffea canephora P.) Establecimiento y mantenimiento*. SAGARPA. Editorial Miguel Ángel Porrúa.

Ramírez, F. D., (2009). Cultivo del café. Bogotá: Grupo Latino Editores S. A. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 8(1): 1433-1434.

Temis-Pérez, A., López-Malo, V., Sosa-Morales, E. (2011). Producción de Café (*Coffea arábica* L.): cultivo, beneficio, plagas y enfermedades. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*. 2(5): 54-74.

Sección II

Sustentabilidad y cambio climático en la agricultura



Capítulo 3

Estimación del carbono capturado por caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el área de abastecimiento del ingenio Constanica, S. A.

*Estimation of carbon captured by sugar cane (*Saccharum officinarum*) in the supply area of Ingenio Constanica, S. A.*

*Ixyeyekolis yen tekolli mokitski' itech tzopelik ohuatl (*Sacharum officinarum*) itech tlatoknechikolli' yen tekipanol Constanica, S.A.*

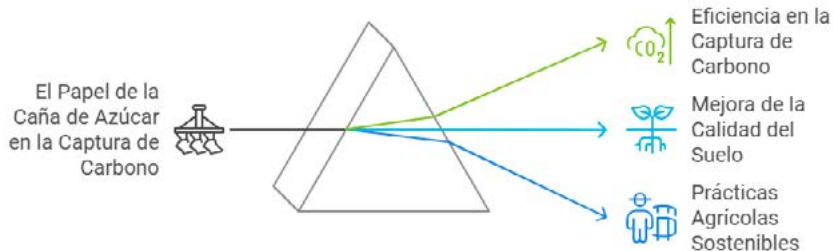
Carlos E. Rasgado Ayala¹ / Alejandro Llaguno Aguiñaga¹ / Jasiel Valdivia Sánchez¹ / Emmanuel de J. Ramírez Rivera¹ / Gregorio Hernández Salinas¹ / José M. Sánchez Orea¹

Autor de correspondencia: Alejandro Llaguno Aguiñaga / llaguno.agronomo@zongolica.tecnm.mx

<https://doi.org/10.61728/AE20252687>



¹ Innovación Agrícola Sustentable. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km. 4 Carretera S/N Tepetitlanapa. 95005 Zongolica, Veracruz, México.



Resumen

El estudio sobre la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) en el área de abastecimiento del Ingenio Constancia, S. A., destaca su importancia en la captura de carbono, crucial para mitigar el cambio climático. Gracias a su metabolismo C4, la caña de azúcar es altamente eficiente en la asimilación de CO_2 , convirtiéndose en un cultivo estratégico para reducir gases de efecto invernadero. Se midió la biomasa aérea y subterránea utilizando métodos destructivos y no destructivos, y se analizó el contenido de carbono en las muestras, así como el carbono orgánico del suelo antes y después del cultivo. Los resultados mostraron una alta capacidad de captura de carbono en la biomasa y un incremento significativo en el carbono orgánico del suelo, mejorando su calidad a largo plazo. El cultivo de caña de azúcar se presenta como una herramienta eficaz para la captura de carbono, y las prácticas agrícolas sostenibles pueden maximizar estos beneficios, mejorando la productividad y la salud del suelo.

Abstract

The study on sugarcane (*Saccharum officinarum*) in the supply area of Ingenio Constancia, S. A., highlights its importance in carbon capture, crucial for mitigating climate change. Thanks to its C4 metabolism, sugarcane is highly efficient in CO_2 assimilation, making it a strategic crop for reducing greenhouse gases. The aerial and underground biomass was measured using destructive and non-destructive methods, and the carbon content in the samples, as well as the soil organic carbon before and after cultivation, was analyzed. The results showed a high capacity for carbon capture in the biomass and a significant increase in soil organic carbon, improving its quality in the long term. Sugarcane cultivation is presented as an effective tool for carbon capture, and sustainable agricultural practices can maximize these benefits, improving productivity and soil health.

Sepanoltlatolli'

Tla'ikxitokilis itech tzopelik ōhuatl (*Saccharum officinarum*) itech tlalnechikolli' yen tekípanol Cosntancia, S.A., ixpankisa' itekiyo' itech mokitski' tekolli', tlen moneki' pampa moh tzakuilis ahmo' mā mōkuepa' tlaltikpakyotl. ika' imahuiso' itekípanoltlakual C4, tzopelik ohuatl melahka' yek kualli tlen kih chichina' yen CO₂, mōkuepa' seh tlatok yehyēkol pampa sek tepitzintilis pokyo' yen "Efecto invernadero". omoh tomachi' yoltixtli' huehkapan ihuan itlampa tlalli' omoh tlanahuatihkeh tlachihualolmeh tlaxitinkeh ihuan amoh tlaxitinkeh, ihuan omoh ikxitokak tlen mopia' yen tekolli' itech ihtitilmeh, ikoni' kemah palanki'tekolli' itech tlalli' achtoh ihuan satepan tlatoktli'. Kisasmeh okixpan-tihkeh seh huehkapantik chicahualis yen motzakuilia' tekolli' itech yoltixtli' ihuan seh mahkotilli' yeknestok itech palanki'tekolli' yen tlali', kih yektlalih-tok ikualitian hue'kahual. Tlatoktli' yen tzopelik ohuatl moh ixpantia' kemah seh tepoztekípanol kualli' pampa moh tzakuilis tekolli' ihuan tlatekípanolmeh huehkahualmeh huelitis kih ahkotiliskeh ininkeh kualnekilmeh, kiyektlalihtok tlamochihualis ihuan ih sehuilis tlaltikpak.

Introducción

A lo largo de las últimas décadas, los esfuerzos para controlar el cambio climático se han centrado en estrategias de mitigación y adaptación discutidas en diversos foros internacionales. Desde el informe Brundtland (ONU, 1987), que introdujo el concepto de sustentabilidad, hasta la Cumbre de la Tierra en 1992 en Río de Janeiro, el Protocolo de Kioto (ONU, 1998) y el Acuerdo de París de la COP 21 (ONU, 2015).

El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), una planta C4, puede contribuir a la mitigación del cambio climático cuando se acompaña de buenas prácticas de manejo. Este trabajo busca aportar elementos para conocer las condiciones físicas y químicas de los suelos cañeros de Veracruz y estimar la magnitud de la captura de carbono que contribuye el cultivo de la caña (Melgar et al., 2014).

Es importante aclarar los conceptos de captura y secuestro de carbono. Ordoñez (2008) define la captura de carbono como la cantidad de carbono fijado en la biomasa de organismos vivos que se gana año con año (es decir, su crecimiento). Por otro lado, el secuestro de carbono en el suelo es el proceso de transformación del carbono presente en el aire a carbono orgánico, que debe ser almacenado por largos periodos en el suelo, árboles o sus productos (Jiménez et al., 2011).

La quema de la caña de azúcar es un problema ambiental porque libera grandes cantidades de dióxido de carbono (CO_2) y otros contaminantes al aire, contribuyendo al calentamiento global y la contaminación del aire. Además, la quema destruye la materia orgánica del suelo, reduciendo su fertilidad y capacidad de retener carbono. En contraste, la cosecha en verde, que evita la quema, tiene más ventajas en términos de captura de CO_2 y conservación del suelo (Salgado et al., 2001; Zermeño et al., 2012).

En este contexto, el objetivo general de este trabajo es estimar la cantidad neta de carbono capturado por el cultivo de la caña de azúcar en los suelos del área de abastecimiento del ingenio azucarero Constanica, en la región de Tezonapa, Veracruz.

II. Materiales y métodos

El presente trabajo se desarrolló en un área que comprende los límites entre el municipio de Cosolapa, Oaxaca, y Tezonapa, Veracruz; la región es clave en la producción de azúcar y es el área de abastecimiento del ingenio Constanica. Para ello, se hizo una estimación de la condición de fertilidad de las muestras compuestas de suelos de la zona de abastecimiento del ingenio azucarero Constanica, en particular su contenido de materia orgánica. Se cuantificó la concentración de carbono en las muestras de suelos de caña de azúcar en un transecto que comprende el área de abastecimiento. Se estimaron las capturas de carbono por la biomasa aérea de las plantas de caña de azúcar correspondiente a un ciclo soca 2016-2017 en parcelas elegidas al azar y, con base en la cuantificación del número total de hectáreas cultivadas, se realizó la estimación de la captura de carbono que ocurriría en el área de abastecimiento de caña al ingenio Constanica.

Muestreo de suelos

Se definió un transecto con 15 puntos de muestreo (Coordenadas en la Tabla 1). Durante octubre de 2017 se recolectaron 15 muestras compuestas de 1 kg de suelo de la profundidad 0 a 30 cm.

Muestreo de biomasa

Durante octubre de 2017, en los mismos puntos de muestreo de suelo, se extrajeron 15 plantas de caña de azúcar mediante un arreglo aleatorio. Los tallos se separaron en hojas, tallo, punta y raíz, resultando un total de 60 muestras.

Análisis de suelos

Las muestras de suelo se secaron al aire y, a temperatura ambiente, se tamizaron para pasar un tamiz con abertura de 2 mm. Se midieron pH, P-Olsen, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno total, macroelementos, y microelementos y textura.

El pH se midió en una relación suelo: solución 1:2 con H₂O. El aparato utilizado fue un pH-metro Conductronic PC45. El fósforo se extrajo con el método Olsen (NaHCO₃) y el color desarrollado (azul de molibdeno) al tratar el extracto con molibdato de amonio se leyó en espectrofotómetro DR 5000 (HACH).

Para evaluar la conductividad eléctrica se utilizó una celda de conductividad con K = 1.0/cm y un aparato Model 31 Conductivity BRIDGE. La materia orgánica se determinó por el método de Walkley y Black consistente en la oxidación del carbono fácilmente oxidable con dicromato de potasio en medio ácido y su posterior evaluación del exceso de este oxidante.

El nitrógeno total se determinó por el método semi micro Kjeldahl que consiste en una digestión y la posterior evaluación del amonio en ácido bórico más un indicador ad hoc. El aparato utilizado para la evaluación fue titulado TITRONIC (SCHOOT). Los cationes intercambiables se determinaron mediante una extracción con acetato de amonio (CH₃COONH₄ 1N pH 7) y cuantificación mediante espectrometría por absorción atómica (Ca y Mg) y fotometría de llama (K y Na). Con un espectro fotómetro: SpectrAA 220.

Los microelementos Fe, Cu, Zn y Mn se determinaron por extracción con DTPA y se evaluaron mediante espectrometría de absorción atómica con llama de aire y acetileno.

La textura se determinó con el método del hidrómetro de Bouyoucos.

Para determinar la concentración de carbono orgánico (%) se tamizó a malla 100 empleando un analizador total de carbono TOC 5050 A Shimadzu de acuerdo con el procedimiento de Etchevers-Barra, 1992.

Con los resultados del análisis de carbono, materia orgánica, (MO) y nitrógeno total se procedió a estimar la cantidad de carbono, de los suelos con la siguiente fórmula:

$$\text{Cantidad de C, N o MO} = \text{Valor del análisis} * 3\,450\,000 / 100 \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

Análisis = Porcentaje de carbono en laboratorio.

3 450 000 = masa de suelo en kg en una hectárea (se consideró que la densidad aparente del suelo = 1.15 (este es un valor medio de la densidad de los suelos agrícolas).

100 = porque los resultados de los análisis están expresados en porcentaje.

Análisis de biomasa

A las muestras de hojas, tallo y punta se les registró el peso fresco de sus componentes, se introdujeron en bolsas de papel, se metieron en un horno con circulación forzada de aire a 70 grados para evaluar su peso seco y determinar el porcentaje de humedad. Posteriormente se pasaron por un molino (Laboratory Mill Modelo 4) hasta que toda la muestra pasara por una malla de 2 mm. Posteriormente, se pasaron por un segundo molino (Mixer/Mill 8000) para lograr una finura de malla 100. A las 60 muestras se les midió carbono orgánico (%) en un aparato analizador automatizado de carbono modelo TOC 5050 Shimatzu.

Dado que no se realizó una excavación completa para obtener una información de la cantidad de raíz asociada a una planta, se usó información consignada en Subirós, 2000.

Para estimar la captura total de carbono por la caña de azúcar se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Captura de C /ha} = \text{Ps-T} * \text{P-Mp} / 100 * 100\,000 \dots\dots\dots(2)$$

Donde:

Ps-T = peso seco (gr) promedio de una planta (incluye hoja, tallo y punta)

P-Mp = promedio medias ponderadas (53.5)

100 = el porcentaje

100 000 = promedio de tallos por ha

III. Resultados y discusión

Los análisis de fertilidad general de las parcelas seleccionadas de la zona de abastecimiento del ingenio azucarero Constanica se presentan en la Tabla 1.

Interpretación de los resultados del análisis de la fertilidad de los suelos

Los suelos experimentales presentan un pH una media de 5.05; es decir, entre fuerte y moderadamente ácidos (Letelier, 1967). La conductividad eléctrica fue de 0.04 a 0.10, esto menor a 2.0 dS m⁻¹, lo cual indica que su salinidad es casi muy baja y no representa ningún peligro para el desarrollo de los cultivos (Richard, 1954).

Los contenidos de MO son en general altos (1.3 a 5.6%). De acuerdo con una de las interpretaciones (Etchevers, 1992) la mayoría de estos suelos se ubicarían principalmente en la clase alta en materia orgánica (MO). Una suposición con base en la experiencia acumulada nos indicaría de manera preliminar que la caña de azúcar es un cultivo que, dado su extenso sistema radical, tiene una elevada capacidad para almacenar carbono en el suelo que puede persistir con el tiempo. Los valores de nitrógeno total corresponden en su mayoría a valores que se ubican en las clases altas (0.06 a 0.28 % N) (Tavera, 1985). La riqueza de nitrógeno se supone ser una consecuencia de las concentraciones elevadas de materia orgánica y de las prácticas regulares de fertilización nitrogenada a la que se somete la caña planta y sus socas.

La fertilización fosfatada aplicada a lo largo de los años se refleja en los elevados valores extraíbles de P-Olsen, clasificados en su mayoría como clase muy alta (19 a 256 ppm con una media de 78.4 ppm P) se encuentra entre el rango (Horta do Carmo & Torrent, 2007).

Los cationes intercambiables por ser de suelos ácidos 0.25 a 1.75 en K, 0.79 a 20.79 en Ca y 0.41 a 3.69 en Mg meq /100 g de suelo, corresponden a clase alta y los dos últimos a clase media respectivamente (Etchevers-Barra, 1988). El Na intercambiable, por su parte, resulta ser bajo. Los suelos son tipo arcillosos, aunque hay algunos arenosos hasta franco-arcillosos.

El rango de microelementos fue (24 a 186, 0.5 a 17.2, 0.4 a 17.2 y 5 a 149 para Fe, Cu, Zn y Mn respectivamente). De acuerdo con Viets y Lindsay (1974) entran en la clase: adecuado.

Tabla 1.

Resultados analíticos de las muestras de suelos de la zona de abastecimiento del ingenio Cons-tancia

No	Latitud	Longitud	pH	CE dS m-1	M.O %	C %	N* %	P ppm	K	Ca Cmoles-	Mg kg-1	Arena	Limo	Arcilla	Clasifica- ción	Fe	Cu	Zn	Mn	Na	Nt %
1	18.5869	96.7057	4.4	0.05	1.3	0.8	0.06	9	0.28	0.79	0.50	16	21	63	Arc	24	0.7	0.6	5	0.10	0.14
2	18.5875	96.6995	5.3	0.05	2.8	1.6	0.14	19	0.60	8.59	2.18	48	25	27	Fr/ arc/ are	104	1.0	1.5	50	0.13	0.13
3	18.5868	96.7014	4.8	0.05	3.4	2.0	0.17	6	0.34	4.20	1.43	28	29	43	Arc	27	0.5	0.6	10	0.02	0.13
4	18.5863	96.7029	4.9	0.07	4.0	2.3	0.20	181	0.41	6.88	1.32	26	33	41	Arc	186	5.3	1.5	22	0.16	0.12
5	18.5857	96.7043	6.1	0.05	2.6	1.5	0.13	33	0.67	16.1	2.62	44	31	25	Fr	29	1.1	0.4	35	0.11	0.08
6	18.5853	96.7056	5.5	0.07	5.6	3.2	0.28	256	0.41	20.8	3.69	18	25	57	Arc	81	17.2	17.2	33	0.06	0.16
7	18.5859	96.7078	4.8	0.04	4.3	2.5	0.21	22	0.51	5.57	2.06	36	29	35	Fr/ arc	106	3.6	3.0	37	0.04	0.11
8	18.5855	96.7095	4.1	0.08	4.8	2.8	0.24	121	0.25	3.88	2.05	10	21	69	Arc	117	1.7	2.8	32	0.04	0.19
9	18.5824	96.7114	4.5	0.04	4.8	2.8	0.24	60	0.41	4.99	1.74	14	21	65	Arc	86	1.8	9.9	29	0.04	0.19
10	18.5814	96.7104	4.5	0.05	3.2	1.9	0.16	190	1.75	19	3.65	22	25	53	Arc	75	3.6	9.3	83	0.08	0.17
11	18.5838	96.7094	4.2	0.04	3.7	2.1	0.18	37	0.27	1.01	0.41	16	21	63	Arc	38	0.6	1.5	5	0.00	0.13
12	18.5843	96.7073	5.6	0.10	4.4	2.6	0.22	178	1.67	14.63	3.64	16	21	63	Arc	109	9.3	9.4	149	0.08	0.13
13	18.5841	96.7032	4.9	0.05	3.7	2.2	0.13	17	0.39	4.22	1.47	27	30	43	Arc	37	1.5	1.9	25	0.12	0.09
14	18.5860	96.6997	6.4	0.06	2.4	1.7	0.19	36	0.69	9.0	2.32	29	27	44	Arc	89	5.6	1.7	34	0.15	0.06
15	18.5873	96.6971	5.8	0.04	2.6	1.9	0.17	11	0.40	8.59	2.18	22	30	45	Arc	59	2.1	1.4	65	0.23	0.20
$\bar{x}$			5.05	0.06	3.57	2.13	0.18	78.4	0.60	8.54	2.08	16	21	63		77.80	3.71	4.18	41	0.09	0.14
s			0.70	0.02	1.13	0.61	0.05	83.4	0.47	6.28	1.02	48	25	27		44.21	4.45	4.92	36.5	0.06	0.04

Concentración de carbono en el suelo

Las muestras promediaron 3.2 % de C lo que equivale a 109 toneladas de carbono por hectárea en los primeros 30 cm del perfil, lo anterior se puede explicar por la gran cantidad de raíces de la planta de caña (Tabla 2).

Tabla 2.*Concentración de carbono correspondiente en un total de 15 puntos de muestreo (0-30 cm)*

Número de muestra	C (%)	C ta/ha
1	2.8	96
2	2.9	100
3	2.6	91
4	3.8	130
5	3.5	121
6	3.5	120
7	4.1	142
8	5.0	174
9	3.4	116
10	3.3	115
11	2.2	75
12	1.8	62
13	3.1	107
14	2.4	82
15	3.2	109
Promedio	3.2	109
Desviación estándar	0.8	27.7

Carbono en biomasa de caña de azúcar, soca 2016-2017

La producción de biomasa fresca estimada para la zona fue de 114.4 ton/ha, de las cuales un 59 %, esto es, 67.6 ton/ha, correspondieron al tallo industrializable de la caña. Este valor es muy similar al reportado por el ingenio como el promedio de producción: 62 ton/ha de caña cosechada en la zafra, 2016-2017 ton/ha (Espinoza, 2017). Las 114.4 toneladas de biomasa equivalen a 49.22 toneladas de carbono capturado por cada hectárea (Tabla 3). Si consideramos que el ingenio Constancia cuenta con un área de abastecimiento de las 10 105 hectáreas BSM (Grupo Beta San Miguel). (2017), entonces el área de abastecimiento del ingenio captura por ciclo de cultivo un estimado de $36.78 \times 10105 = 497\,368$ toneladas de carbono. Sin embargo, se debe considerar que es práctica común quemar antes de la cosecha para facilitar el corte y después de la cosecha para limpiar el terreno y facilitar las actividades y combatir plagas y enfermedades para el siguiente ciclo de cultivo.

En el proceso de quema se regresa el carbono capturado en hojas y puntas lo que equivale a una emisión de $5.6 + 6.69 = 12.29$ toneladas por hectárea y un estimado de $12.29 \times 10\,105 = 124\,190.45$ toneladas para la zona de abasto de referencia.

Restando 124 190.45 de las 497 368 toneladas iniciales quedan 373 177.55 entre tallos industriales y raíces. Los tallos, después de un proceso de extracción de jugos quedan reducidos a bagazo, que actualmente se utiliza para calentar las calderas del Ingenio por tanto el carbono se divide en el contenido del azúcar y el emitido nuevamente a la atmósfera. Finalmente, las 1.66 toneladas de carbono que se localiza en las raíces se incorpora al suelo como materia orgánica y aportando carbono a los repositorios estables del suelo. Otra parte de la materia orgánica es utilizada como fuente de energía de los organismos descomponedores y el carbono es liberado nuevamente a la atmósfera como CO₂ como parte de los procesos respiratorios.

Tabla 3.

Carbono capturado por la biomasa aérea de plantas de caña de azúcar

Datos	Peso fresco (kg/25m2)	% del total	% de humedad	Peso seco	C %	C (ton/ha)
Hoja	37	12.9	68.2	11.77	43.01	5.06
Punta	65	22.7	76.5	15.27	43.81	6.69
Tallo	169	59	68.2	53.71	43.53	23.37
Raíz	15	5.4	67.3	4.9	33.84	1.66
Total	286	100				36.78

IV. Conclusiones

El estudio realizado en el área de abastecimiento del Ingenio Constanca, S. A., demuestra que la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) tiene un significativo potencial para capturar carbono, contribuyendo así a la mitigación del cambio climático. La capacidad de la caña de azúcar para asimilar CO₂ a través de su metabolismo C4 y su alta tasa de fotosíntesis la posiciona como un cultivo estratégico en la reducción de gases de efecto invernadero.

Los resultados indican que la caña de azúcar no solo captura carbono durante su crecimiento, sino que también contribuye a la mejora del contenido de carbono orgánico en el suelo. Este proceso es crucial para el balance de carbono, ya que el carbono almacenado en el suelo puede permanecer allí por

largos periodos, ayudando a estabilizar el ciclo del carbono.

Además, la implementación de prácticas agrícolas sostenibles en el cultivo de caña de azúcar puede maximizar la captura de carbono y mejorar la salud del suelo. Estas prácticas incluyen la rotación de cultivos, el uso de bioestimulantes y la gestión adecuada de residuos de cosecha.

En resumen, la caña de azúcar en el área de abastecimiento del Ingenio Constanica, S. A., no solo es una fuente importante de producción de azúcar, sino que también juega un papel vital en la captura de carbono, contribuyendo a los esfuerzos globales para mitigar el cambio climático.

V. Bibliografía

- BSM (Grupo Beta San Miguel). (2017). *Ingenio Constanica*. <http://www.bsm.com.mx/constancia.html>.
- Espinoza, D. N., & Santamarina, J. C. (2017). CO₂ breakthrough—Caprock sealing efficiency and integrity for carbon geological storage. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 66, 218-229.
- Etchevers-Barra, J. D. (1988). Manual de métodos de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados.
- Etchevers, J. D. (1992). *Manual de métodos para análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes. Análisis rutinarios en estudios y programas de fertilidad. Laboratorio de Fertilidad, Centro de Edafología*. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.
- Horta, M. D. C., & Torrent, J. (2007). The Olsen P method as an agronomic and environmental test for predicting phosphate release from acid soils. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 77, 283-292.
- Jiménez, A., Reyes, J., y Silveira, M. (2011). Secuestro y Distribución de Carbono Orgánico del Suelo Bajo Diferentes Sistemas de Manejo de Pasturas. *Soil and Water Science*. 1-3.
- Melgar, M.; Meneses, A.; Orozco, H.; Pérez, O.; y Espinosa, R. (eds.). (2014). El cambio climático y el cultivo de la caña de azúcar. *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala*. Artemis Edinter. 480-506.
- ONU. (1987). *Report of the World Commission on Environment and Development. Our Common Future*. file:///C:/Users/Mac/Downloads/our_common_futurebrundtlandreport1987.pdf
- ONU. (1997). *Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo: aplicación y ejecución*. Recuperado de: <http://www.cinu.org.mx/eventos/conferencias/johannesburgo/documentos/declaracrio.pdf>

- ONU. (1998). *Protocolo de Kyoto sobre Cambio Climático*. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>
- ONU. (2015). *Aprobación del Acuerdo de París*. <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09s.pdf>
- Ordoñez, J. (2008). Cómo entender el manejo forestal, la captura de carbono y el pago de servicios ambientales. *Ciencias*, (90):37-42.
- Salgado, S; Buero, L.; Riestra, D. y Laguries-Espinoza, L. C. (2001). *Caña de azúcar, hacia un manejo sustentable*. Colegio de Posgraduados Campus Tabasco, ISPROYAB. Fundación Produce. 2001. 394 p.
- Subirós, F. (2000). *Morfología de la caña de azúcar*. Universidad Estatal a Distancia. (ed). El cultivo de la Caña de Azúcar. 17-34.
- Tavera G. G. (1985) .*Criterios para la interpretación y aprovechamiento de los reportes de laboratorio para las áreas de asistencia técnica*. Publicación 3. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, Delegación de la Laguna, Matamoros, Coahuila. 258 pp.
- Viets Jr., F. G. y Lindsay, W. L. (1974). Testing soils for zinc, copper, manganese, and iron. En L.M. Walsh y J.D. Beaton. *Soil Testing and Plant Analysis*. Soil Science Society of America, Inc.
- Zermeño, A; Villatoro, S; Cortés, J; Cadena, M; Catalán, E; García, M; y Munguía, J. (2012). “Estimación del intercambio neto de CO₂ en un cultivo de caña de azúcar durante el ciclo de plantilla”. *Agrociencia* 46 (6), 579-59.

Capítulo 4

Efecto del uso de aguas residuales tratadas en un humedal artificial sobre el cultivo de rábano rojo (*Raphanus sativus*)

*Effect of use of treated wastewater in an artificial wetland on red radish (*Raphanus sativus*) cultivation*

*Tlen kipanós kih tlanahuatiskeh atl moyahuak tlen omōchipa' itech seh tlachihual achiahuitl itech toktli' rabano chichiltik (*Raphanus sativus*)*

Luis A. Hernández Vásquez¹ / Mauricio Rojas Ascensión¹ / Gregorio Hernández Salinas¹ / Emmanuel de J. Ramírez-Rivera¹ / Luis C. Sandoval Herazo^{2 3} / Neira Sánchez Zarate⁴ / Yovani López González⁴

Autor de correspondencia: Luis A. Hernández Vásquez
alfredohv_basicas@zongolica.tecnm.mx

<https://doi.org/10.61728/AE20252694>



¹ Innovación Agrícola Sustentable. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km. 4 Carretera S/N Tepetitlanapa. 95005 Zongolica, Veracruz, México.

² Laboratorio de Humedales y Sostenibilidad Ambiental, División de Estudios de Posgrado e Investigación, Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Misantla, Km 1.8, Carretera a Loma del Cojolite, Misantla 93821, Veracruz, México.

³ Facultad de Ingeniería, Universidad de Sucre, Sincelejo 700001, Colombia

⁴ Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de Misantla Km. 1.8 Carretera a Loma del Cojolite, 93850 Misantla, Veracruz, México.



Resumen

La creciente demanda de agua en la agricultura ha provocado un cambio hacia la utilización de fuentes de agua no convencionales. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto del agua residual tratada, en un humedal artificial con *Eichhornia crassipes*, sobre el crecimiento del Rábano Rojo (*Raphanus sativus*). Las aguas residuales tratadas mostraron una disminución en el pH de 14.25 %, para DQO fue de 81.25 y para P-PO43- la reducción es de 11.07 %. El rábano creció 6.78 cm con agua de grifo (T1), 10.81 cm con agua tratada (T3) y 12.33 cm con agua sin tratamiento (T2). La producción de biomasa fue de 2.9 g, 8.3 g y 98 g para los tratamientos T1, T2 y T3, respectivamente. El sistema de humedales artificiales fue eficiente para la mejora de la calidad sanitaria del agua y adecuado para irrigar el cultivo de rábano rojo.

Abstract

The increasing demand for water in agriculture has caused a shift towards using non-conventional water sources. The present work aims to evaluate the effect of treated wastewater, in an artificial wetland with *Eichhornia crassipes*, on the growth of Red Radish (*Raphanus sativus*). The treated wastewater showed a decrease in pH of 14.25 %, for COD it was 81.25 and for P-PO43- the reduction was 11.07 %. The radish grew 6.78 cm with tap water (T1), 10.81 cm with treated water (T3), and 12.33 cm with untreated water (T2). The biomass production was 2.9 g, 8.3 g, and 98 g for treatments T1, T2, and T3, respectively. The artificial wetland system was efficient for improving the sanitary quality of water and suitable for irrigating the red radish crop.

Tlahtolsepanol

Hueyih Iskaltil tlen moneki' atl itech tla'tokyo' okih nonotzkkih seh patlal itech motlanahuatilo' yen atl mach moh tlanahuatia nosoh mach moh onāna' '. Inin tekitl kih pia' itekió kitomachihuas tlen panos itech atl moyahuak, tlen mochipahua' ika' seh mochihual achiahuitl ika' xihuitl Eichhornia crassipes, ihuan oksiotli' moh tlanahuatis pampa ipan moh iskaltis rábano chichiltik (*Raphanus sativus*). Amoyahuatl' tlen omoh chipa'keh okih teixpanti'keh kenin omoh tepitzintili' Ph yen 14.25%, pampa DQO oyahki' yen 81.25 ihuan pampa P-PO43-tepitzintili' yen 11.07%. rábano omoh iskalti' 6.78cm ikah atl yen kisa' itech grifo (T1), 10.81cm ikah atl yen omochipa' (T3) ihuan 12.33cm ikah atl yen ahmo' omōchipa' (T2). Mochihual yoltoktixtli' oyahki' yen 2.9g, 8.3g ihuan 98g pampa tlen omoh yektlalikeh T1, T2 ihuan T3, kistihui'. Yehyēkol tlasalol achiahuimochi'keh oyahki' huekapantik pampa omoh yektlali' kua'kuali' chipahuak atl ihuan kualli' pampa ik moh ahjuilis rábano chichiltik.

I. Introducción

El agua es considerada como uno de los recursos más importantes para el sustento de la vida (Hasan et al., 2019). El agua cubre el 70 % de la superficie del planeta Tierra. Sin embargo, solo el 0.007 % del agua está disponible para el consumo humano y desarrollo de las antropogénicas (Toledo, 2002; Hasan et al., 2019). En América Latina, se estima que 73M% de la extracción del agua se atribuye a la agricultura (Miralles y Muñoz, 2018; Mahlkecht et al., 2020).

La gestión del recurso hídrico tiene como finalidad la distribución equitativa, conservación, aprovechamiento y mejora en la calidad del agua suministrada. Sin embargo, más del 70 % de las actividades industriales, agroindustriales, comerciales y de servicios generan aguas residuales (Egea et al., 2019; Vargas, 2019). Una alternativa es el reúso de las aguas residuales, que se puede utilizar para el riego. Es una alternativa para enfrentar los desafíos en la gestión del agua, la crisis climática y las sequías periódicas. Aporta mayor disponibilidad de agua para los cultivos y reciclaje de nutrientes (Ramos et al., 2007; Guadarrama y Galván, 2015; Fragoso et al., 2021). A nivel mundial existen 20 millones de hectáreas irrigadas usando agua residual tratada, parcialmente diluida con agua, y en algunos casos sin ningún tipo de tratamiento (Hettiarachchi y Ardakanian, 2017). No obstante, el reúso de aguas residuales tiene riesgos; tales como contaminación de hortalizas por organismos patógenos, presencia de metales tóxicos y salinización de las tierras irrigadas. Además, en otros ecosistemas se

ha reportado que la presencia de sustancias tóxicas en el agua de riego impide el crecimiento normal de la raíz y, por tanto, su elongación (An, 2004; Young et al., 2019). De ahí la necesidad de desarrollar tecnologías de tratamiento para mejorar la calidad de las aguas residuales, con bajos costos, económicos y con alta eficiencia (Preisner et al., 2021).

La fitorremediación constituye una alternativa a esta problemática, debido a su elevada capacidad de absorción de contaminantes (Hernández et al., 2024). La fitorremediación es un proceso basado en plantas que absorbe o degrada el exceso de nutrientes en ambientes terrestres y acuáticos (Mustafa y Hayder, 2020). Los humedales artificiales son una tecnología basada en la fitorremediación. Entre las ventajas que presentan estos sistemas son; la nula generación de lodos, no producen olores, son de bajo costo de construcción y un mantenimiento sencillo (Osti et al., 2020). Son sistemas flexibles y poco susceptibles a cambios de caudal y carga del afluente. Estos sistemas incrementan o mantienen la diversidad ambiental de la zona con la creación de hábitats para la fauna (Mustafa y Hayder, 2020). Los Humedales artificiales se pueden construir utilizando macrófitos acuáticos emergentes y/o flotantes, teniendo una mayor injerencia los macrófitos flotantes, ya que, en sus extensas rizosferas flotantes, hay una mayor superficie disponible para el crecimiento de biopelículas (Walker et al., 2017). En particular, la macrófita flotante jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) tiene una ventaja significativa sobre otras plantas, debido a su excepcional absorción de nutrientes, resistencia a la contaminación y crecimiento masivo (Parwin y Paul, 2019; Prasad et al., 2021). El presente estudio tiene como objetivos, 1) evaluar la eficiencia de la macrófita *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) en el tratamiento de las aguas residuales de lavandería; 2) determinar la calidad del agua a al final del tratamiento; y 3) evaluar los efectos del agua tratada sobre el Rábano rojo (*Raphanus sativus*).

II. Materiales y métodos

Se describe el área de estudio, luego se describen los análisis fisicoquímicos y microbiológicos realizados a las aguas utilizadas en el estudio, posteriormente se describe la germinación de semillas de rábano rojo (*Raphanus sativus*), establecimiento del cultivo, determinación de variables agronómicas en el rábano rojo, terminando con el análisis estadístico de los resultados.

Descripción del área de estudio y recolección de muestras

El presente estudio se realizó en la comunidad de Tecamalucan, perteneciente al Municipio de Acultzingo, Veracruz, latitud $18^{\circ}45'41''\text{N}$ y longitud $97^{\circ}13'37''\text{W}$, altitud 1,361, donde la temperatura promedio fue de 22°C (± 3.5).

Sistema de humedal artificial

El sistema de humedales artificiales estaba compuesto por un contenedor de plástico con un volumen útil de 30 L y un sistema de recirculación. El sistema de recirculación estaba compuesto por un tanque de plástico de almacenamiento externo y una bomba de agua sumergible con una capacidad de 0.05 Litros / segundo (Figura 1). El sistema se dispuso en un área protegida, lo que permitió una exposición adecuada al aire y luz solar. Las macrófitas flotantes utilizadas para este estudio fueron *Eichhornia crassipes*. Esta planta fue extraída de un cuerpo de agua cercano a la zona de estudio. Se seleccionaron plantas jóvenes sin enfermedades, que tuvieran una longitud de 10 ± 5 cm, sin considerar la raíz, con un peso promedio de 30 ± 5 g. Las macrófitas fueron trasladadas en bolsas plásticas y se colocaron en agua de grifo durante siete días para su adaptabilidad.

Figura 1.

*Sistema de humedal artificial con *Eichhornia crassipes**



Análisis fisicoquímicos a las aguas utilizadas para el riego

Para el experimento se utilizaron aguas residuales, provenientes de lavandería doméstica. Los experimentos se realizaron en modo discontinuo con un tiempo de retención hidráulica de 7 días. Para la recolección, conservación y análisis de las muestras, se siguieron los procedimientos establecidos, los Métodos Estándar (Rice et al., 2012). Los parámetros de control fueron pH, Conductividad Eléctrica (CE) y Sólidos Disueltos Totales (SDT) utilizando un potenciómetro marca Hanna (HI 98130, IN). De igual modo, se determinó la Demanda Química de Oxígeno (DQO) utilizando el método Estándar 5220 y fosfato-fósforo (P-PO43-). Se utilizó un colorímetro de fosfato (Hanna Instruments HI713, EE. UU.). Las concentraciones de N-NO3 se midieron con un kit de prueba de nitrato (Hanna Instruments HI97728B, Rumania).

Germinación de semillas de rábano

Se utilizaron semillas certificadas de *Raphanus sativus*, con pureza del 99 % y un 85 % de germinación. Las semillas fueron sometidas a un periodo de iluminación natural de 10 horas diarias. En la segunda semana, se evaluó el porcentaje de germinación. De las semillas que germinaron se seleccionaron las plántulas que presentaron mayor altura, fortaleza del tallo y mejor desarrollo de cotiledones y raíces.

Establecimiento del cultivo

El diseño experimental correspondió a bloques completos al azar con 3 tratamientos y tres repeticiones para un total de 9 unidades experimentales (parcelas), con un área de 4 m² (2m x 2m), en las cuales se marcaron 9 surcos (20 cm entre ellos) en los cuales se sembraron 50 semillas a una distancia de 4 cm. Los tratamientos fueron: T1 (Testigo) agua de grifo, T2 aguas residuales tratadas y T3 con aguas residuales crudas.

Determinación de variables agronómicas en el rábano

La toma de longitud de las plantas de rábano, esta medición comenzó a realizarse en la segunda semana, y a partir de ese momento cada semana se llevaba a cabo esta medición hasta finalizar el ensayo. La producción de rábanos se llevó a cabo por conteo manual, para determinar el número total. Los muestreos

se realizaron a partir de los 14 días después de siembra, con un intervalo de 8 días hasta cosecha; tomando 10 plantas al azar por unidad experimental. Para la determinación de la biomasa, cada planta muestreada fue seccionada en sus diferentes órganos (raíz y hojas), los cuales se colocaron en bolsas de papel Kraft debidamente identificadas posteriormente se llevaron a estufa hasta alcanzar peso seco constante a una temperatura 60 °C, una vez secas, se determinó su peso.

Análisis estadístico

Las variables agronómicas fueron sometidas a una comparación de medias mediante la prueba de Tukey a través de un diseño completamente al azar. Para todos los análisis estadísticos se utilizó el software MINITAB versión 21.42 (2024, Minitab, LLC) y GraphPad Prism 8.0 (GraphPad Software, Inc.), con un nivel de confianza de 95 %.

III. Resultados y discusión

Caracterización de las aguas utilizadas para riego de rábano

En la Tabla 1 se muestra la caracterización fisicoquímica de las aguas utilizadas para el riego. Se evidencia que los valores de todos los parámetros fueron mayores en el agua residual sin tratamiento (T2), comparado con el agua de grifo (T1) y las aguas tratadas (T3). Uno de los parámetros que se encuentra elevado en el agua residual de lavandería es la DQO (410 mg/L), lo que refleja una alta carga orgánica. Un estudio realizado por Melián et al. (2023) caracterizaron aguas residuales provenientes de lavanderías teniendo valores de DQO de 229 a 1920 mg/L, valores que se encuentran en el rango de las aguas residuales encontradas en el presente estudio.

El pH es uno de los parámetros más importantes a controlar en los cultivos como el rábano, en razón a que afecta la actividad de las bacterias nitrificantes e influye en la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Zou et al., 2016). En este estudio, el pH se encontró en un rango entre 7.4 a 8.6, rangos que se encuentran por encima de los rangos de neutralidad.

Tabla 1.*Caracterización de aguas empleadas para el riego de rábano rojo*

Parámetros	Agua de grifo (T1)	Agua residual sin tratamiento (T2)	Agua residual tratada (T3)
pH	7.4 ± 0.1	8.63 ± 0.33	7.5 ± 0.20
CE (mS/cm)	0.33 ± 0.04	0.81 ± .06	0.94 ± 0.30
SDT (mg/L)	145 ± 15	370.0 ± 11	410.0 ± 9.0
DQO (mg/L)	4.0 ± 1.5	548.7 ± 53.3	102.9 ± 1.8
P-PO ₄ ³⁻ (mg/L)	1.5 ± 1.1	28.9 ± 0.92	25.7 ± 0.10
N-NO ₃ ⁻ (mg/L)	1 ± 0.5	30.0 ± 5.00	26.3 ± 4.04

Monitoreo de parámetros de riego

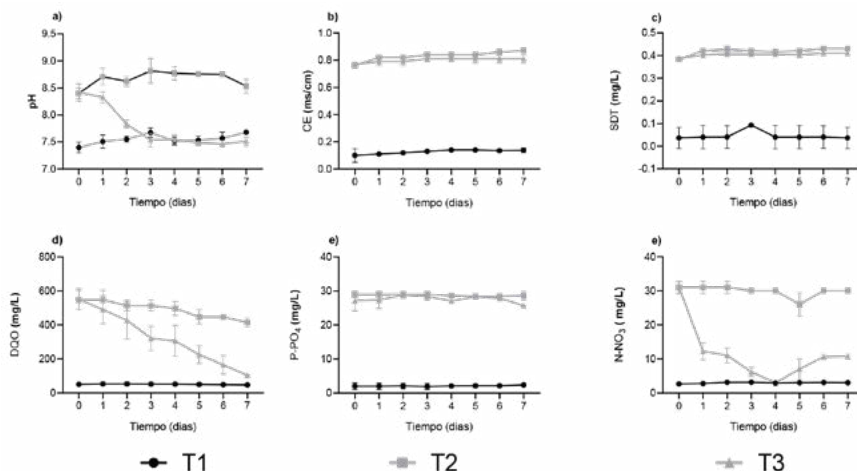
El proceso de fitorremediación de aguas residuales de lavandería tardó 7 días. Durante ese período se monitorearon los parámetros de pH, CE, SDT, DQO, P-PO₄³⁻ y N-NO₃ para los tratamientos. En la figura 2, se muestra el comportamiento de estos parámetros.

El pH varió de 8.33 a 7.29, lo que puede tener efectos benéficos para el desarrollo del jacinto de agua (Mendoza et al., 2018). Un rango de pH de 6.66 a 8.8 es adecuado para el crecimiento de hortalizas, beneficiando el desarrollo de sus raíces (Amori et al., 2022).

Los valores de CE y SDT se incrementaron un 14.3 ± 2.43 % y 12.2 ± 1.68 %, respectivamente. Este efecto se atribuyó principalmente a la evapotranspiración y a la evaporación del agua, debido a estos incrementos se considera como agua de buena calidad, apta para riego (Ramos et al., 2007). En cuanto a la DQO, esta fue reducida por el humedal en un 81.2 ± 2.08 %.

Figura 2.

Monitoreo de parámetros fisicoquímicos en las aguas de riego (T1: agua de grifo, T2: agua residual sin tratamiento y T3: agua residual tratada)



Un estudio realizado por Prasad et al. (2021) evaluaron el potencial fitorremediador de humedales artificiales con *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas grises. Los autores mencionan que la concentración inicial del agua fue de 113 mg/L y alcanzaron una remoción del 51.9 %. Lo que indica que los resultados obtenidos en el presente estudio son superiores. Por otro lado, al analizar la concentración de nutrientes en el agua de riego, se observa que el contenido de fosatos disminuye en un 11.1 ± 3.09 %, mientras que los nitratos se incrementaron un 34.6 %, lo que confirma la existencia de procesos de nitrificación y desnitrificación dentro del humedal. Estos resultados coinciden con lo reportado por Ramos et al. (2007), donde los autores tienen un incremento de 36 % de nitratos.

Número de hojas

Se partió de un porcentaje de germinación del 98 % de las semillas de rábano rojo. Los cotiledones emergieron simultáneamente en todos los tratamientos a los 5 días después de siembra (Figura 3). Por otra parte, la emisión de hojas verdaderas se presentó a los 8 días. El mayor número de hojas por planta durante el periodo de estudio se observó en los tratamientos T3, alcanzando valores de 8 a 9 hojas en total. Los tratamientos T2 presentaron un número de hojas intermedio (7–8), mientras que el tratamiento T1 presentó el menor

número de hojas (4-5). Aunque entre los tratamientos el número de hojas no fue significativamente diferente, el tratamiento T1 (agua de grifo) presentó el menor número de hojas, debido a las condiciones del agua de grifo.

Figura 3.

*Evaluación del crecimiento de las plantas de rábano rojo, *Raphanus sativus**

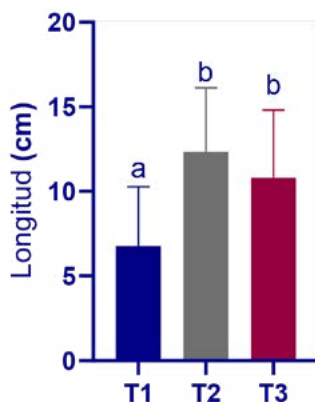


Longitud de las plantas de rábano

Los datos registrados evidenciaron un incremento constante en la longitud de las plantas en los distintos tratamientos hasta el día de cosecha. La mayor longitud la alcanzaron los tratamientos T2 (Agua residual sin tratamiento) siendo esta mayor a 12 cm, los tratamientos T3 (Aguas residuales tratadas) presentan una longitud de 10.8 cm, mientras que los tratamientos T1 alcanzó una longitud significativamente menor (<10 cm) hasta el día de cosecha (Figura 4).

Figura 4.

Longitud total de rábano rojo (*Raphanus sativus*) irrigado con los diferentes tratamientos. Los tratamientos con diferente letra representan diferencias significativas (Tukey 5 %)



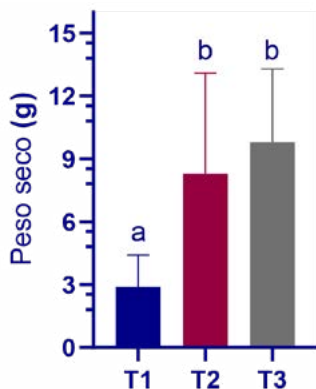
El bajo rendimiento en el crecimiento en las plantas regadas con agua del grifo fue una manifestación de deficiencias en los nutrientes, particularmente como P-PO43- y N-NO3- (Egbuikwem et al., 2020). Un estudio presentado por Ramírez y Pérez (2006) evaluaron el crecimiento de rábano rojo, irrigado con aguas residuales tratadas. Las aguas residuales contenían 933 mg/L de fósforo, lo que les permitió a las plantas de rábano alcanzar una longitud mayor a 20 cm. Similar a lo presentado en este estudio.

Producción de biomasa

El peso seco total de las plantas presentó un incremento constante en los distintos tratamientos. Es así como, los pesos secos más altos, se evidenciaron en los tratamientos T3 durante todo el período de estudio, alcanzando un peso promedio de 9.8 ± 3.5 g, un valor intermedio en los tratamientos T2, siendo de 8.3 ± 4.8 g. Por otra parte, el menor peso seco se presentó en las plantas del tratamiento T1, siendo inferior a 3 g (Figura 5).

Figura 5.

Biomasa de las plantas de rábano rojo (*Raphanus sativus*), irrigado con los diferentes tratamientos. Los tratamientos con diferente letra representan diferencias significativas (Tukey 5 %)



Los nitratos y fosfatos, tienen una función importante en la estimulación del desarrollo de las plantas, especialmente en la formación de raíces. La raíz en los rábanos es el órgano que más influye en el peso de la planta (Azcon y Talon 2000). Así, el tratamiento T1 presentó el menor peso seco, debido a la poca cantidad de nutrientes presentes en el agua de riego. Los tratamientos T2 y T3, además de presentar la mayor longitud, muestran el mayor tamaño en la raíz, lo que puede estar relacionado con las concentraciones de nutrientes. Un estudio realizado por Amori et al. (2022) evaluaron la idoneidad del agua residual tratada para el cultivo de lechuga y acelga en hidroponía. Los autores mencionan que los cultivos regados con aguas residuales tratadas tuvieron aproximadamente un 75 % más de biomasa seca. De manera similar, en el presente estudio los contenidos de materia seca de los brotes irrigados con agua residual tratada fueron mayores.

IV. Conclusiones

El sistema de humedales artificiales fue eficiente en la reducción de contaminantes provenientes de aguas residuales de lavandería doméstica. El uso de aguas residuales tratadas para la irrigación de rábano incide directamente en el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de rábano. El uso de aguas residuales tratadas en el riego de rábano no representa un riesgo para la producción de este cultivo. No existieron diferencias significativas entre el tratamiento (T2) aguas residuales sin tratamiento y aguas residuales tratadas (T3), debido

a que, en ambos tratamientos se obtuvieron resultados positivos con relación a germinación, altura de las plantas y producción de biomasa, sin embargo, se recomienda el uso de sistemas de humedales artificiales para evitar la contaminación que pudiera presentar cultivos irrigado solo con aguas residuales.

V. Bibliografía

- Amori, P. N., Mierzwa, J. C., Bartelt-Hunt, S., Guo, B., & Saroj, D. P. (2022). Germination and growth of horticultural crops irrigated with reclaimed water after biological treatment and ozonation. *Journal of Cleaner Production*, 336, 130173–130190. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130173>
- AN, Y. J. (2004). Soil ecotoxicity assessment using cadmium sensitive plants. *Environment Pollution*, 127, 21–26. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(03\)00263-X](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(03)00263-X)
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua) (2021). *Estadísticas del agua en México*. <https://files.conagua.gob.mx/conagua/publicaciones/Publicaciones/EAM%202021.pdf> (Octubre 2024)
- Egibuikwem, P. N., Mierzwa, J. C. & Saroj, D. P. (2020). Assessment of suspended growth biological process for treatment and reuse of mixed wastewater for irrigation of edible crops under hydroponic conditions. *Agricultural Water Management*, 231, 106034. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106034>
- Egea-Corbacho, A., Gutiérrez, S., & Quiroga, J. M. (2019). Removal of emerging contaminants from wastewater through pilot plants using intermittent sand/coke filters for its subsequent reuse. *Science of the Total Environment*, 646, 1232–1240. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.399>
- Fragoso, C. P. J., Rubiano, L. A., & Kerguelen, J. J. (2021). Análisis de variables fisicoquímicas en el proceso de remoción de coliformes en el sistema de lagunas de oxidación, Salguero, Valledupar (Colombia). *Información Tecnológica*, 32(1), 113–122 <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000100113>
- Guadarrama, M. E. & Galván, A. (2015). Impacto del uso de agua residual en la agricultura/impact of wastewater use in agricultura. *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 4(7), 22–44. <https://www.ciba.org.mx/index.php/CIBA/article/view/29>
- Hasan, M. K., Shahriar, A. & Jim, K. U. (2019). Water pollution in Bangladesh and its impact on public health. *Heliyon*, 5(8), e02145. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02145>
- Hernández-Vásquez, L. A., Romo-Gómez, C., Alvarado-Lassman, A., Prieto-García, F., Camacho-López, C. & Acevedo-Sandoval, O. A. (2024).

- Artificial Floating Islands for the Removal of Nutrients and Improvement of the Quality of Urban Wastewater. *Water*, 16(10), 1443–1456. <https://doi.org/10.3390/w16101443>
- Hettiarachchi, H., & Ardakanian, R. (2017). *Uso seguro de aguas residuales en la agricultura: ejemplos de buenas prácticas*. United Nations University UNU-FLORES. Institute for Integrated Management of Material Fluxes and of Resources.
- Mahlknecht, J., Gonzalez, B. R. & Loge, F. J. (2020). Water-energy-food security: a nexus perspective of the current situation in Latin America and the Caribbean. *Energy*. 194(3):1-17. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116824>
- Melián, E. P., Santiago, D. E., León, E., Reboso, J. V. & Herrera-Melián, J. A. (2023). Treatment of laundry wastewater by different processes: Optimization and life cycle assessment. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(2), 109302. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.109302>
- Mendoza, Y. I. I., Pérez, J. & Galindo, A. A. (2018). Evaluación del aporte de las plantas acuáticas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en el tratamiento de aguas residuales municipales. *Información tecnológica*, 29(2), 205-214. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000200205>
- Miralles, W. F. & Muñoz, C. R. (2018). An analysis of the water-energy-food nexus in Latin America and the Caribbean Region: Identifying synergies and tradeoffs through integrated assessment modeling. *The International Journal of Engineering and Science*, 7(1):8–24. <https://doi.org/10.9790/1813-07010825>
- Mustafa, H. M. & Hayder, G. (2020). Recent studies on applications of aquatic weed plants in phytoremediation of wastewater: A review article. *Ain Shams Engineering Journal*, 12, 355–365. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.05.009>
- Osti, J. A. S., Do Carmo, C. F., Cerqueira, M. A. S., Giamas, M. T. D., Peixoto, A. C., Vaz-dos-Santos, A. M. & Mercante, C. T. J. (2020). Nitrogen and phosphorus removal from fish farming effluents using artificial floating islands colonized by Eichhornia crassipes. *Aquaculture Reports*, 17, 100324. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2020.100324>
- Parwin, R. & Paul, K. K. (2019). Efficiency of Eichhornia crassipes in the treatment of raw kitchen wastewater. *SN Applied Sciences*, 1(4), 381–390. <https://doi.org/10.1007/s42452-019-0400-0>
- Prasad, R., Sharma, D., Yadav, K. D. & Ibrahim, H. (2021). Preliminary study on greywater treatment using water hyacinth. *Applied Water Science*, 11(6), 88–96. <https://doi.org/10.1007/s13201-021-01422-4>
- Preisner, M., Neverova-Dziopak, E. & Kowalewski, Z. (2021). Mitigation of eutrophication caused by wastewater discharge: A simulation-based approach.

- Ambio*, 50, 413–424. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01346-4>
- Ramírez-Pisco, R. & Pérez-Arenas, M. I. (2006). Evaluación del potencial de los biosólidos procedentes del tratamiento de aguas residuales para uso agrícola y su efecto sobre el cultivo de rábano rojo (*Raphanus sativus* L.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 59(2), 3543–3556. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=179914075010>
- Ramos-Espinosa, M. G., Rodríguez-Sánchez, L. M. & Martínez-Cruz, P. (2007). Uso de macrófitas acuáticas en el tratamiento de aguas para el cultivo de maíz y sorgo. *Hidrobiológica*, 17, 7–15.
- Rice, E. W., & Bridgewater, L. (2012). Standard methods for the examination of water and wastewater. American public health association, Washington, DC.
- Toledo, A. (2002). El agua en México y el mundo. *Gaceta ecológica*, (64), 9–18. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53906402>
- Vargas, S. (2019). *Escasez, trasvases y redistribución del agua en México*. (p 14). Impactos ambientales, gestión de recursos naturales y turismo en el desarrollo regional.
- Walker, C., Tondera, K. & Lucke, T. (2017). Stormwater treatment evaluation of a constructed floating wetland after two years operation in an urban catchment. *Sustainability*, 9, 1687–1697. <https://doi.org/10.3390/su9101687>
- Young S. L., Boateng G.O., Jamaluddine Z., Miller J. D., Frongillo E. A., Neilands T. B., Collins S. M., Wutich A., Jepson W. E. & Stoler J. (2019). The Household Water In Security Experiences (HWISE) Scale: development and validation of a household water insecurity measure for low-income and middle-income countries. *BMJ Glob Heal*, 4(5), e001750. <http://doi.org/10.1136/bmjgh-2019-001750>
- Zou, Y., Hu, Z., Zhang, J., Xie, H., Guimbaud, C. & Fang, Y. (2016). Effects of pH on nitrogen transformations in media-based aquaponics. *Bioresource technology*, 210, 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2015.12.079>

Capítulo 5

Capacidad antioxidante de chiles silvestres de la región de Tezonapa en Las Altas Montañas de Veracruz, México

Antioxidant capacity of wild chili from the Tezonapa region in the High Mountains of Veracruz, Mexico

Chicahualis tlapalehuilxahualol yen tepechilli' itech kaltepetl Tezonapan Hue'hueyih Tepeyoh Veracruz, Mexiko'

Maricruz Cruz Hernández¹ / Víctor D. Cuervo Osorio² / Adan Cabal Prieto³
/ Julio E. Oney Montalvo⁴ / Jorge Armida Lozano¹ / Gregorio Hernández
Salinas¹ / Cristal A. Guerrero Ortiz¹ / Alejandro Llaguno Aguiñaga¹ /
Jasiel Valdivia Sánchez¹ / Lucia Sánchez Arellano³ / Bibiana del P. Royero
Benavides⁵ / Juan C. Hernández Arzaba⁶ / Emmanuel de J. Ramírez Rivera¹

Autores de correspondencia: Julio E. Oney Montalvo / jeoney@itescam.edu.mx y Emmanuel de J. Ramírez Rivera / ejramirezrivera@zongolica.tecnm.mx

<https://doi.org/10.61728/AE20252700>



¹ Innovación Agrícola Sustentable. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km. 4 Carretera S/N Tepetitlanapa. 95005 Zongolica, Veracruz, México

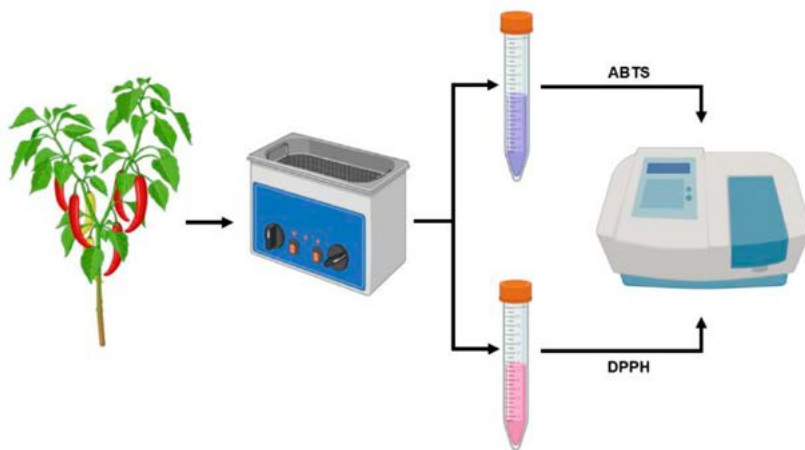
² Departamento de Ingenierías, Tecnológico Nacional de México /Instituto Tecnológico de Chiná. Calle 11 S/N entre 22 y 28, 24520, Chiná, Campeche, México

³ Maestría en Ingeniería. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Av. 25 Poniente No. 100, Colonia Reserva Territorial 94106, Huatusco, Veracruz, México.

⁴ Industrias alimentarias. Tecnológico Nacional de México/Campus Calkini, Av. Ah Canul S/N por carretera Federal, 24900. Calkini, Campeche, México

⁵ Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad de Cundinamarca, Fusagasugá 252211, Colombia

⁶ Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94953.



Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la actividad antioxidante de dos variedades de chiles silvestres procedentes de diferentes comunidades de Tezonapa. La actividad antioxidante se evaluó mediante las técnicas espectrofotométricas de DPPH y ABTS. Los resultados demostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en los factores variedad y comunidad para la actividad antioxidante. Los chiles Chiltepín colectados de la comunidad de Cerro Azul presentaron la mayor actividad antioxidante, 92.45 ± 2.02 mg de Trolox/100 g y 1053.84 ± 26.68 mg de Trolox/100 g por las técnicas de DPPH y ABTS respectivamente. La comunidad de Cerro Azul también obtuvo la mayor actividad antioxidante en el chile Mirasol, por la técnica de DPPH obtuvo un valor de 87.21 ± 2.40 Trolox/100 g, mientras que por ABTS 1101.87 ± 27.57 mg de Trolox/100 g. Indicando que las características ambientales de esta comunidad contribuyen a la producción de compuestos antioxidantes en los chiles silvestres.

Abstract

The present work aims to evaluate the antioxidant activity of two varieties of wild chiles from different communities in Tezonapa. DPPH and ABTS spectrophotometric techniques evaluated the antioxidant activity. Results showed significant differences ($p < 0.05$) in the variety and community factors for antioxidant activity. Chiltepín peppers collected from the community of Cerro

Azul showed the highest antioxidant activity, 92.45 ± 2.02 mg Trolox/100 g and 1053.84 ± 26.68 mg Trolox/100 g by DPPH and ABTS techniques, respectively. The community of Cerro Azul also obtained the highest antioxidant activity in the chili Mirasol, by the DPPH technique obtained a value of 87.21 ± 2.40 Trolox/100 g, while by ABTS 1101.87 ± 27.57 mg Trolox/100 g. This indicates that this community's environmental characteristics contribute to producing antioxidant compounds in wild chiles.

Tlahtolsepanol

Ikah ihtlamilis yen mō mahsehuil ihchikahualis palehuilxahualol tlen kipiah tepechilmeh ihuan tlapalehuis itech kaltepeyoh tlen ahmo' pinopan, inin tekittl kipiah itekiyo' kih tomachihuas ihchihualol palehuilxahualol yen omeh tlamanti' tepechilmeh tlen huitze' itech tlatlamantih kaltepemeh tlen pohui' Tezonapan, itech Hue'hueyih Tepeyoh Veracruz, Mexiko'. Tekiyotl palehuilxahualol omoh tomachi' ikah yehyekol tekipanolmeh espectrofotométricas yen DPPH ihuan ABTS. Kismeh okixpanti'keh oktlamanti' yekkistokeh ($p < 0.05$) itech tlasalol tlamanti' ihuan sepanikan pampa tekiyo' palehuilxahualol. Chil tekpinmeh tlen omōlolohkeh itech kaltepetl Cerro Azul (Tepetl poxahuak) okixpantikeh tlayakanki' tekiyo' palehuilxahalol, 92.45 ± 2.02 mg yen trolox/100 g yen chilhuaktli' ihuan 1053.84 ± 26.68 mg de trolox/100 g yen chilhuaktli' ikah yehyekoltekipanolmeh DPPH ihuan ABTS Ihkon okistia'. Kaltepetl Cerro Azul nohkia' okipixkih tlayakanki' tlapalehuilxahual itech chillli' Mirasol, ikah tlayeyekol tekittl DPPH okipixkih seh pohual yen 87.21 ± 2.40 , man tlen ikah ABTS 1101.87 ± 27.57 mg yen trolox/100 g yen chilhuaktli' kih ititihtok tlen ixnextilmeh panolistih itech kaltepetl tlapalehuia' itech tlamochihual nelihtok tlapalehuilxahualol itech tepechilmeh. Inin ixtlamatilis kih kahuas tepalehuis mā moh a'koktokan ininkeh chilme ihuan makin kualkixtih kaltepemeh tlen pohui' Tezonapan ikah tlamahsehuilis itech inin tlakilomeh ipan ininkeh tlakualtlatokyo' tlen mohtekipachohua' ipan yekkualmeh tlakualtih.

I. Introducción

En los últimos años, se ha promovido el consumo de alimentos antioxidantes, debido a su importancia en la prevención de enfermedades degenerativas mediante la neutralización de radicales libres (Vicente y Boscaiu, 2018). Este creciente interés por los beneficios de los antioxidantes a la salud humana, ha dado lugar a una intensa investigación en el campo de las ciencias agronómicas y alimentarias (Guerrero et al., 2010). Siendo los chiles, uno de los frutos más

estudiados debido a que presentan una gran actividad antioxidante, ocasionado por el perfil de compuestos fitoquímicos que poseen (Zhuang et al., 2012).

En la búsqueda de mejorar los beneficios a la salud de estos alimentos, se han realizado estudios para aumentar el contenido de compuestos antioxidantes mediante el desarrollo de cultivares, proponiendo nuevas prácticas de producción, evaluando condiciones de almacenamiento posterior a la cosecha y de procesamiento de las plantas (Gaucin-Delgado et al., 2021). Demostrándose que la capacidad antioxidante de los chiles se ve afectada por el tiempo de exposición e intensidad de las radiaciones, disponibilidad del agua, la temporada en la que se realiza la cosecha, y el grado de madurez del fruto (Vazquez-Flores et al., 2020).

Un grupo de chiles que presentan condiciones de cultivo que los hacen destacar de los demás y se ha vuelto objeto de estudio debido a que son considerados un recurso genético y de importancia cultural para diversas comunidades rurales, y por lo cual es primordial su cuidado y preservación, son los chiles silvestres (SIAP, 2023). Estos chiles, a comparación de los domésticos, crecen en condiciones en las que no existe una práctica agrícola humana controlada que interfiera en el riego, fertilización o manejo de plagas que pudieran atacar a la planta (Serrano-Mejía et al., 2022). Lo cual afecta en las características morfológicas, como el peso, tamaño y número de semillas (Hernández-Verdugo et al., 2012).

Una de las regiones de México, donde podemos encontrar una gran variedad de chiles silvestres, es la zona de las Altas Montañas en Veracruz, México (Hernández-Salinas et al., 2021). Dentro de esta zona existen microclimas ocasionados por las diferencias geográficas entre las comunidades que conforman esta región, pudiendo afectar las características morfológicas y la actividad antioxidante de los chiles (Hernández-Salinas y Purroy-Vásquez, 2024). Esto debido a que se ha reportado que los factores ambientales tienen efecto significativo en la metabolómica asociada a la producción de los fitoquímicos que dotan de su característica actividad antioxidante a los chiles (Oney-Montalvo et al., 2020).

Debido a lo mencionado anteriormente, el objetivo del presente trabajo es evaluar la capacidad antioxidante de dos variedades de chiles silvestres (Mirasol y Chiltepín) procedentes de la región de las Altas Montañas de Veracruz. Estos resultados nos permitirán conocer cómo el área de cultivo afecta a la composición de compuestos antioxidantes presentes en estas variedades de chile silvestre. Pero también contribuir a su conservación, destacando sus características antioxidantes que son de interés para los sectores agroalimentarios enfocados en la producción de alimentos funcionales.

II. Materiales y métodos

Preparación de la muestra

Los frutos fueron seleccionados al azar y libres de daño físico y patógeno. En la Tabla 1 se representan las comunidades de la región de las Altas Montañas donde fueron cosechados los chiles silvestres. Posteriormente a la colecta, los chiles fueron secados en un horno de convección a 45 °C durante un periodo de 72 horas. Después, las muestras se maceraron con un molino eléctrico (Krupps GX4100®, México) y almacenadas a -20 °C hasta el análisis.

Tabla 1.

Comunidades del municipio de Tezonapa en la región de las Altas Montañas donde se realizó la colecta de los chiles silvestres

Variedad de chile	Comunidad	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Código
Mirasol	Las Josefinas	18° 29' 26"	96° 41' 35"	121	M1
	Vázquez Vela	18° 39' 45"	96° 47' 20"	547	M2
	Cerro Azul	18° 36' 30"	96° 42' 10"	655	M3
	San Jerónimo Manzanares	18° 31' 52"	96° 45' 47"	139	M4
Chiltepín	Cerro Azul	18° 36' 30"	96° 42' 10"	655	C1
	Presidio	19° 04' 10"	96° 58' 16"	1330	C2
	San Jerónimo Manzanares	18° 31' 52"	96° 45' 47"	139	C3
	Ixtacapa	18° 24' 45"	96° 43' 43"	103	C4

Extracción ultrasónica de compuestos antioxidantes

Para la extracción de los compuestos antioxidantes, se pesaron 250 mg de cada muestra de chile seco en tubos Falcon de 15 ml, y se añadieron 4 mL de mezcla etanol: agua (50:50). Se homogenizó con ayuda de un vortex y se sonicó durante 30 minutos a una temperatura de 30 °C. El extracto obtenido se centrifugó a 3500 rpm y 4 °C durante 15 minutos para filtrar el sobrenadante con un filtro de membrana de nylon de 0.45 µm.

Determinación de la capacidad antioxidante por ABTS

La determinación de la capacidad antioxidante mediante la metodología de ABTS se realizó utilizando como referencia el trabajo elaborado por Nenadis et al. (2004) con algunas modificaciones. En un tubo de Falcon de 15 mL se agregaron, 2970 μL de la solución ABTS y posteriormente se adicionó 30 μL del extracto de chile silvestre. Se homogenizó y se dejó reposar durante 6 minutos. Las absorbancias se leyeron a 734 nm en un espectrofotómetro Uv-vis (PerkinElmer®). Para calcular el porcentaje de inhibición ABTS para cada muestra, utilizó la fórmula mostrada a continuación:

$$\% \text{ de inhibición de ABTS} = \frac{A_{t0} - A_{t6}}{A_{t6}} \times 100$$

Donde: A_{t0} es la absorbancia al tiempo 0 minutos; A_{t6} es la absorbancia al tiempo 6 minutos. La curva de calibración se preparó utilizando diferentes concentraciones de Trolox (100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 700 y 800 μM).

Determinación de la capacidad antioxidante por DPPH

La actividad antioxidante se determinó por el método de eliminación de radicales 2,2,1-difenil-1-picrilhidrazilo (DPPH), siguiendo la metodología descrita por Brand-Williams et al. (1995) con algunas modificaciones. En tubos Falcon de 15 mL se agregaron, 3800 μL de la solución DPPH (0,1 mM) y posteriormente se adicionaron 200 μL del extracto de chile silvestre. Se homogenizo la mezcla con ayuda de un vortex y se dejó reposar durante 60 minutos. Pasado el tiempo, se realizó la lectura a una absorbancia de 515 nm con un espectrofotómetro UV-Vis (PerkinElmer®) y se calculó el porcentaje (%) de inhibición de DPPH para cada muestra con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de inhibición de DPPH} = \frac{A_{t0} - A_{t30}}{A_{t0}} \times 100$$

Donde: A_{t0} es la absorbancia al tiempo 0 minutos; A_{t30} es la absorbancia al tiempo 30 minutos. La curva de calibración utiliza Trolox en diferentes concentraciones como patrón de referencia (100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 700 y 800 μM).

Análisis estadístico

Se utilizó el análisis de varianza (ANDEVA) con $\alpha = 0.05\%$ para analizar todos los datos. La prueba estadística utilizada para la separación de medias fue la última prueba de diferencia significativa con un nivel de confianza del 95%. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software Statgraphics Centurion XVII.II-X64 (Statgraphics Technologies Inc., the Plains, VA, USA).

III. Resultados y discusión

Análisis de varianza

En la Tabla 2 se muestran los resultados del ANDEVA para los factores variedad y comunidad. Se observan que se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en los factores variedad y comunidad para las variables DPPH y ABTS. En el cual, se encontró que el chile variedad chiltepín tiene una mayor actividad antioxidante por el ensayo de DPPH (82.62 ± 1.11 mg de trolox/100 g de chile seco), mientras que el chile variedad Mirasol presento una mayor actividad antioxidante mediante la técnica de ABTS (979.67 ± 7.02 mg de trolox/100 g de chile seco), tal como se muestra en la Figura 1.

Estos resultados pueden deberse al perfil de compuestos antioxidantes que presentan las variedades, ya que algunos compuestos tiendan a reaccionar preferentemente con el radical DPPH y otros con el radical ABTS. Los resultados obtenidos por Floegel et al., (2011) han demostrado que el ensayo de ABTS ha mostrado mejores resultados para la determinación de actividad antioxidante en alimentos vegetales que contienen una gran variedad de compuestos hidrófilos, lipofílicos y pigmentos.

Tabla 2.

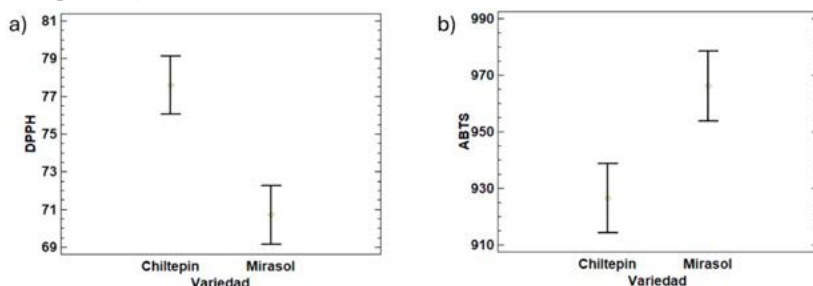
Valores de p de los factores evaluados (variedad y comunidad) en la actividad antioxidantes (DPPH y ABTS) de los chiles silvestres

	DPPH	ABTS
Variedad	0.0007*	0.0081*
Comunidad	<0.0001*	<0.0001*

Nota: (*) = efecto significativo.

Figura 1.

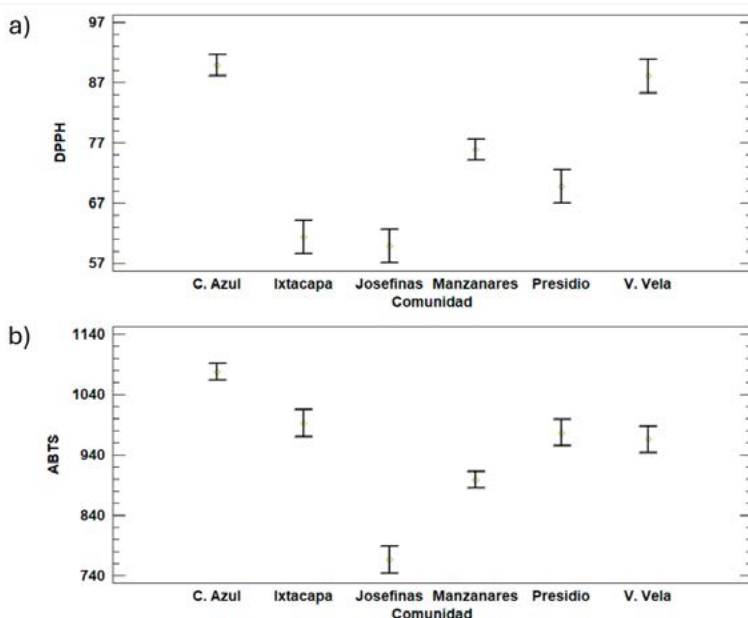
Gráfico de mínima diferencia significativa de la variedad de chile silvestre sobre la actividad antioxidante por (a) DPPH y (b) ABTS. Las barras de error en la figura representan el error estándar ($p \leq 0.05$)



En la figura 2 se observan las diferencias que hubo de la actividad antioxidante de acuerdo con las comunidades donde provenían los chiles silvestres. Se observa que tanto para la técnica de DPPH y la técnica de ABTS, la comunidad de Cerro Azul destacó por ser la que presentó los valores más altos de actividad antioxidante, seguido de la comunidad de Vázquez Vela. Esto demuestra que las características ambientales como los microclimas y las características fisicoquímicas de los suelos de cada una de estas regiones afectaron la biosíntesis de fitoquímicos antioxidantes. El trabajo previamente realizado por Oney-Montalvo et al., (2021) expresado como mg de capsaicina por g de fruto seco demuestra que estos factores pueden disminuir o aumentar la biosíntesis de capsaicinoides, uno de los principales compuestos antioxidantes presentes en el chile y el responsable del picor que los caracteriza. Pero no solamente los capsaicinoides son los compuestos antioxidantes que se verán afectados por los factores ambientales, ya que la biosíntesis de polifenoles también se influencia por ellos, reportándose que el suelo donde se desarrolla el cultivo se relaciona a la concentración y perfil de polifenoles en los chiles (Oney-Montalvo et al., 2020).

Figura 2.

Gráfico de mínima diferencia significativa del efecto de la comunidad en la que fue colectado el chile silvestre sobre la actividad antioxidante por (a) DPPH y (b) ABTS. Las barras de error en la figura representan el error estándar ($p \leq 0.05$)

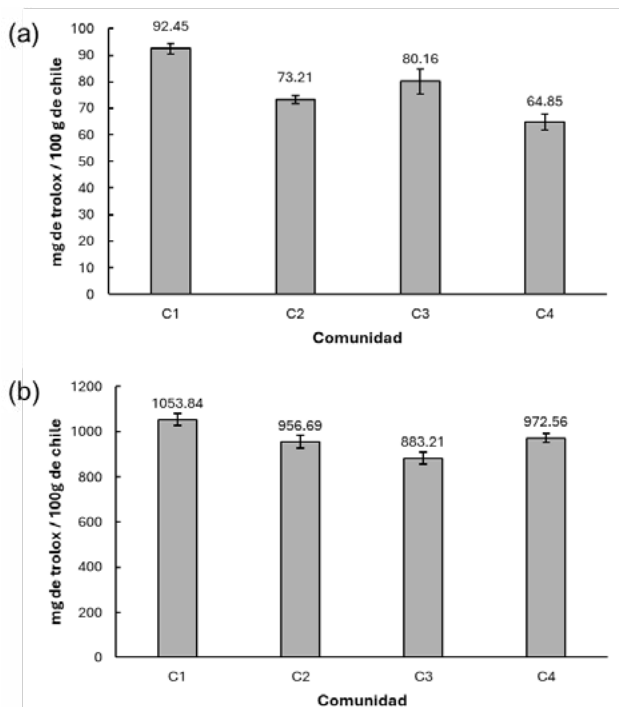


Actividad antioxidante del chile chiltepín

En la Figura 3 se observan los resultados obtenidos de la determinación de la actividad antioxidante del chile chiltepín (Figura 3). Este se realizó mediante las técnicas de DPPH (Figura 3a) y ABTS (Figura 3b). En ambas técnicas, los chiles colectados de la comunidad de Cerro Azul (C1) presentaron la mayor actividad antioxidante, 92.45 ± 2.02 mg de trolox/100 g de chile seco y 1053.84 ± 26.68 mg de trolox/100 g de chile seco por las técnicas de DPPH y ABTS, respectivamente. Demostrando un posible efecto por parte de las condiciones ambientales de la comunidad de Cerro Azul que puede propiciar una mayor producción de fitoquímicos antioxidantes en el chile chiltepín.

Figura 3.

Actividad antioxidante del chile Chiltepín mediante la técnica de (a) DPPH y (b) ABTS. Los chiles fueron colectados en las comunidades de (C1) Cerro Azul, (C2) Presidio, (C3) San Jerónimo Manzanares y (C4) Ixtacapa



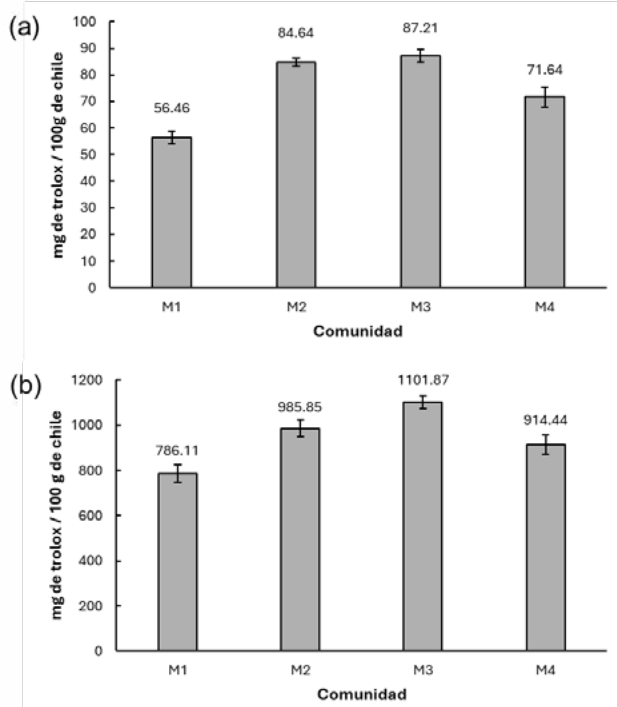
Actividad antioxidante del chile mirasol

Los resultados de la actividad antioxidante del chile Mirasol son representados en la Figura 4. En este se puede observar que las muestras procedentes de la comunidad de Cerro Azul (M3) son las que obtuvieron la mayor concentración de Trolox 87.21 ± 2.40 y 1101.87 ± 27.57 mg de trolox/100 g de chile seco por las técnicas de DPPH y ABTS respectivamente. Seguido de las muestras procedentes de Vázquez Vela (M2), las cuales tuvieron una actividad antioxidante de 84.64 ± 1.56 (DPPH) y 985.85 ± 38.00 mg (ABTS) de trolox/100 g de chile seco. Mientras que los chiles colectados en la comunidad de las Josefinas (M1) presentaron la menor actividad antioxidante 56.46 ± 2.50 y 786.11 ± 37.69 de trolox/100 g de chile seco. El mismo comportamiento se dio en tanto la determinación por la técnica de DPPH (Figura 4a) y la de ABTS (Figura 4b), lo que

corroborar los resultados obtenidos.

Figura 4.

Actividad antioxidante del chile Mirasol mediante la técnica de (a) DPPH y (b) ABTS. Los chiles fueron colectados en las comunidades de (M1) Las Josefinas, (M2) Vázquez Vela, (M3) Cerro Azul y (M4) San Jerónimo Manzanares



IV. Conclusiones

Los chiles silvestres de la región de Tezonapa en las Altas Montañas de Veracruz pueden ser considerados una fuente de antioxidantes con potencial de ser aprovechada por los sectores agroalimentarios enfocados en la producción de alimentos funcionales. Se observó que las comunidades evaluadas presentaron efecto significativo en la actividad antioxidante, siendo la comunidad de Cerro Azul la que propició una mayor producción de compuestos antioxidantes tanto en el chile Mirasol y Chiltepín. Este conocimiento perimirá contribuir a la conservación de estas especies de chiles silvestres de gran importancia tanto cultural como de reserva fitogenética en numerosas comunidades.

V. Bibliografía

- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). *Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity*. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Floegel, A., Kim, D. O., Chung, S. J., Koo, S. I., & Chun, O. K. (2011). *Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods*. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(7), 1043–1048. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2011.01.008>
- Gaucin-Delgado, J. M., Preciado-Rangel, P., González-Salas, U., Sifuentes-Ibarra, E., Núñez-Ramírez, F., & Orozco Vidal, J. A. (2021). *La biofortificación con selenio mejora los compuestos bioactivos y la actividad antioxidante en chile jalapeño*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(8), 1339–1349. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i8.3066>
- Hernández-Salinas, G., Arenas-Lozano, A. E., Luna-Cavazos, M., Ramírez-Rivera, E. de J., Purroy-Vásquez, R., Sotelo-Leyva, C., & Castillo-Zamudio, R. I. (2021). *Composición proximal en morfotipos de chile Comapeño (Capsicum annuum L.) de Oaxaca y Veracruz, México, y su relación con factores climáticos*. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 7(1). <https://doi.org/10.30973/aap/2021.7.0071018>
- Hernández-Salinas, G., & Purroy-Vásquez, R. (2024). *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 27 (2024): Art. No. 039 Hernández-Salinas et al., 2024. 27(039).
- Hernández-Verdugo, S., Porras, F., Pacheco-Olvera, A., Guillermo López-España, R., Villarreal-Romero, M., Parra-Terraza, S., Tomás, Y., & Enciso, O. (2012). *Caracterización Y Variación Ecogeográfica De Poblaciones De Chile (Capsicum Annuum Var. Glabriusculum) Silvestre Del Noroeste De México*. *Polibotánica*, 33, 175–191.
- Jaime Guerrero, C., Luigi Ciampi, P., Andrea Castilla, C., Fernando Medel, S., Heidi Schalchli, S., Emilio Hormazabal, U., Emma Bensch, T., & Miren Alberdi, L. (2010). *Antioxidant capacity, anthocyanins, and total phenols of wild and cultivated berries in Chile*. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 70(4), 537–544. <https://doi.org/10.4067/s0718-58392010000400002>
- Nenadis, N., Wang, L. F., Tsimidou, M., & Zhang, H. Y. (2004). *Estimation of scavenging activity of phenolic compounds using the ABTS.+ assay*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(15), 4669–4674. <https://doi.org/10.1021/jf0400056>
- Oney-Montalvo, J., Uc-Varguez, A., Ramírez-Rivera, E., Ramírez-Sucre, M., & Rodríguez-Buenfil, I. (2020). *Influence of soil composition on the profile*

- and content of polyphenols in habanero peppers (*Capsicum chinense* Jacq.). *Agronomy*, 10(9), 1–14. <https://doi.org/10.3390/agronomy10091234>
- Oney Montalvo, J. E., Morozova, K., Ferrentino, G., Ramirez Sucre, M. O., Rodríguez Buenfil, I. M., & Scampicchio, M. (2021). Effects of local environmental factors on the spiciness of habanero chili peppers (*Capsicum chinense* Jacq.) by coulometric electronic tongue. *European Food Research and Technology*, 247(1), 101–110. <https://doi.org/10.1007/s00217-020-03610-z>
- Serrano-Mejía, C., Bello-Bedoy, R., Arteaga, M. C., & Castillo, G. R. (2022). Does Domestication Affect Structural and Functional Leaf Epidermal Traits? A Comparison between Wild and Cultivated Mexican Chili Peppers (*Capsicum annuum*). *Plants*, 11(22). <https://doi.org/10.3390/plants11223062>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2023 <https://www.gob.mx/siap/articulos/el-chiltepin-la-importancia-economica-y-bio-cultural-del-mas-pequeno-de-los-chiles> (septiembre 2024).
- Vazquez-Flores, A. A., Góngora-Pérez, O., Olivas-Orduña, I., Muñoz-Bernal, O. A., Osuna-Avila, P., Rodrigo-García, J., De la Rosa, L. A., & Alvarez-Parilla, E. (2020). Pytochemical profile and antioxidant activity of chiltepin chili (*Capsicum annuum* var. *glabriusculum*), Sonora, Mexico. *Journal of Food Bioactives*, 11, 57–65. <https://doi.org/10.31665/jfb.2020.11237>
- Vicente, O., & Boscaiu, M. (2018). Flavonoids: Antioxidant compounds for plant defence... and for a healthy human diet. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(1), 14–21. <https://doi.org/10.15835/nbha45210992>
- Zhuang, Y., Chen, L., Sun, L., & Cao, J. (2012). Bioactive characteristics and antioxidant activities of nine peppers. *Journal of Functional Foods*, 4(1), 331–338. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2012.01.001>

Sección **III**

**Tecnologías emergentes y comercialización de
productos agrícolas**



Capítulo 6

Uso de técnicas multicriterio para la obtención de una lista reducida de emociones y recuerdos para consumidores usando imágenes de cafés artesanales

Using multi-criteria techniques to obtain a short list of emotions and memories for consumers using images of artisanal coffees

Moh tlanahuatil tlayehyēkol tlachihualmeh miak'ixtlama' pampa moh ahsis seh machiotl tepitzintik yen pakilmeh ihuan elnamikmeh pampa mohtlamahsehui'keh kintlanahuatihtōkeh ixkopinmeh yen kähjuenti' mātlachihualti'

Emmanuel Gómez Romero¹ / Víctor D. Cuervo Osorio² / Adán Cabal Prieto³ / Julio E. Oney Montalvo⁴ / Rogelio Limón Rivera¹ / Jorge Armida Lozano¹ / Gregorio Hernández Salinas¹ / Luis A. Hernández Vásquez¹ / Jasiel Valdivia Sánchez¹ / Ana L. Piña Martínez³ / Sanar Muhyaddin⁵ / Juan C. Hernández Arzaba⁶ / Emmanuel de J. Ramírez Rivera¹

Autores de correspondencia: acabalp@huatusco.tecnm.mx (Cabal Prieto, A.); ejramirezrivera@zongolica.tecnm.mx (Ramírez Rivera, Emmanuel de J.)

<https://doi.org/10.61728/AE20252717>



¹ Innovación Agrícola Sustentable. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km. 4 Carretera S/N Tepetitlanapa. 95005 Zongolica, Veracruz, México.

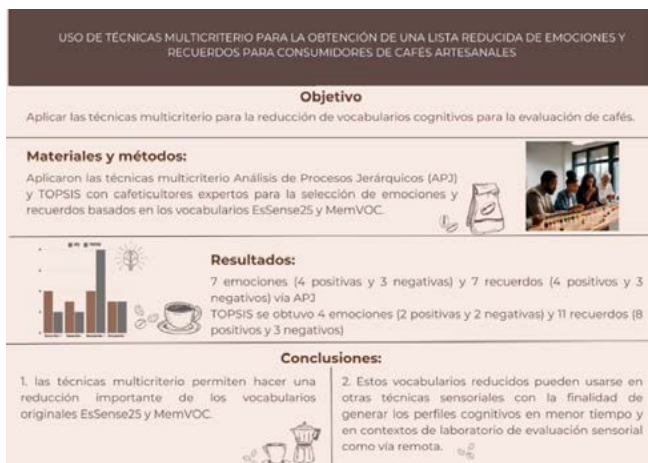
² Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Chiná. Calle 11 S/N entre 22 y 28, 24520, Chiná, Campeche, México

³ Maestría en Ingeniería. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Av. 25 Poniente No. 100, Colonia Reserva Territorial 94106, Huatusco, Veracruz, México

⁴ Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Calkini. Av. AH-Canun S/N por carretera Federal, 24900. Calkini, Campeche, México

⁵ Faculty of Social and Life Sciences, Wrexham Glyndwr University, Wrexham LL11 2AW, UK

⁶ Posgrado en Innovación Agroalimentaria Sustentable, Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, Carretera Federal Córdoba-Veracruz km 348, Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C. P. 94953.



Resumen

El objetivo de esta investigación fue aplicar las técnicas multicriterio para la reducción de vocabularios cognitivos para la evaluación de cafés. Se aplicaron las técnicas multicriterio Análisis de Procesos Jerárquicos (APJ) y TOPSIS con cafecultores expertos para la selección de emociones y recuerdos basados en los vocabularios EsSense25 y MemVOC. Se obtuvo un total de siete emociones (cuatro positivas y tres negativas) y siete recuerdos (cuatro positivos y tres negativos) vía APJ, y con la técnica TOPSIS se obtuvo un total de cuatro emociones (dos positivas y dos negativas) y 11 recuerdos (ocho positivos y tres negativos). Se concluye que el uso de las técnicas multicriterio permite hacer una reducción importante de los vocabularios originales EsSense25 y MemVOC. Estos vocabularios reducidos pueden usarse en otras técnicas sensoriales con la finalidad de generar los perfiles cognitivos en menor tiempo y en contextos de laboratorio de evaluación sensorial como vía remota.

Abstract

The objective of this research was to apply multicriteria techniques for the reduction of cognitive vocabularies for the evaluation of coffees. The multicriteria techniques, Hierarchical Process Analysis (HPA) and TOPSIS, were utilized in collaboration with expert coffee growers to select emotions and memories, utilizing the EsSense25 and MemVOC vocabularies. A total of seven emotions

(four positive and three negative) and seven memories (four positive and three negative) were obtained via HPA and with the TOPSIS technique a total of four emotions (two positive and two negative) and 11 memories (eight positive and three negative) were obtained. The use of multicriteria techniques results in a notable reduction of the original EsSense25 and MemVOC vocabularies. These reduced vocabularies can be used in other sensory techniques in order to generate cognitive profiles in less time and in sensory evaluation laboratory contexts such as remote evaluation.

Tlahtolsepanol

Itlamian inin tla'ikxitokalis oyāhkih kin tlaliskeh tlayehyēkoltekimeh miak'ixtlāma pampa' moh tepitzintilis tlahtolmeh ixtlamatkeh pampa moh tomachihuaske kāhjuenti'. Omoh tlalilihke' yehyēkol tekimeh miak ixtlamatkeh Tlaixtokilis tlayehyēkol tekipanolmeh yektekpantōkeh (APJ) ihuan TOPSIS inhuan kāhjuentōkakeh ixtlamatkeh pampa in māpan tlapēhpēnaske' pakilmeh ihuan elnamikmeh ipan tlachihual tlahtolmeh EsSense25 ihuan MemVOC. Omoh onanki' nochtin chikomeh pakilmeh (nahui' kualmeh ihuan eyih mach kualmeh) ihuan chikomeh elnamikilmeh (nahui kualmeh ihuan eyih mach kualmeh) ika' APJ ihuan ika' tlayehyēkol tlachihual TOPSIS omoh onanki' nochi' itech nahui' pakilmeh (omoh kualmeh ihuan omoh mach kualmeh) ihuan 11 elnamikilmeh (chikoeyih kualmeh ihuan eyih mach kualmeh). Ik tlāmi' moh ihtōhua' tlen omoh tlanahuati' ika' tlayehyēkol tlachihual miak'ixtlama' kīkahua' kih chihuas seh tepitzintilis ixpankistok itech tlahtolmeh inon kualmeh EsSense25 ihuan MenVOC, ininkeh tlahtolmeh tepitzintīkeh hueltis moh tlanahuatiskēh itech oksekīh tlayehyēkol tlachihualmeh mohmachilihkeh ikah in tlāmian mochihuaskeh yekmantōkeh ixtlamatilmeh ikah tepitzin kahuitl ihuan itech kaltla'ixtokalis tomachihual machili' kemah ika' tepostokatzahualol.

I. Introducción

Las emociones y los recuerdos juegan un papel importante en la intención de compra de los consumidores (Jiang et al., 2014; Cabal-Prieto et al., 2022). Actualmente, se han efectuado diferentes investigaciones en donde se hacen uso de vocabularios cognitivos EsSense25 y MemVOC para determinar las emociones y recuerdos que evocan los alimentos al consumidor. Estos vocabularios están conformados por 25 emociones y 25 recuerdos que se han aplicado para encuestas en línea (Peralta-Cruz et al., 2021; Santiago-Cruz et al., 2021;

Castillo-Martínez et al., 2023) y en laboratorio de sensorial (Ramón-Canul et al., 2023; Ramírez-Rivera et al., 2023, 2024). Sin embargo, el uso completo de lista de emociones y recuerdo puede llevar a presentar algunas desventajas como son: 1) el tiempo exhaustivo para la evaluación completa de la lista; 2) posible fastidio por parte del consumidor al evaluar listas amplias que pueden traer como consecuencia respuestas erróneas; 3) mayor tiempo de evaluación y por consiguiente mayor gasto económico. Por lo anterior, una alternativa para la reducción de vocabularios cognitivos previo a su uso (encuestas o experimentalmente) son las técnicas multicriterio (TMC). En este sentido, las TMC que se han usado últimamente en el campo sensorial (Ramírez-Rivera et al., 2020; Ramón-Canul et al., 2021) son Análisis de Procesos Jerárquicos (APJ) y la Técnica para ordenar las preferencias por similitud a la solución ideal (TOPSIS por sus siglas en inglés) con la finalidad de obtener vocabularios sensoriales validados para caracterizar alimentos usando técnicas sensoriales convencionales (Técnica QDA) y rápidas como Check-all-that-apply (CATA), Perfil Flash y Napping (Dairou y Sieffermann, 2022; Pagès, 2003 y 2005; Ares et al., 2010). La técnica APJ se basa en el juicio de expertos para evaluar de manera comparativa diferentes criterios (pe., atributos sensoriales, emociones, recuerdos, entre otros) y la técnica TOPSIS se basa en priorizar y seleccionar la mejor alternativa en función de las distancias euclidianas positivas y negativas respecto a la solución ideal (Iç, 2014). En ambas técnicas multicriterio se generan un peso (W) generado a partir de la experiencia de las personas que permite seleccionar los criterios más importantes basados en cálculos matemáticos simples (Deng et al. 2000). Estas técnicas multicriterio se han aplicado en la industria de alimentos para mediar la calidad sensorial de productos como helados de crema, té y chocolates (Duman et al. 2017; Karaman et al., 2014; Ren y Liu, 2015; Dogan et al., 2016). Por todo lo anterior, el objetivo de la presente investigación es aplicar las técnicas multicriterio APJ y TOPSIS para la reducción de vocabularios cognitivos aplicados a consumidores de cafés artesanales y comerciales.

II. Materiales y métodos

Origen de las muestras y conformación de paneles de cafeticultores expertos

Se evaluaron un total de cuatro imágenes de cafés (n= dos cafés artesanales y n= dos cafés comerciales). Los cafés comerciales fueron de las marcas CAFIVER y Huellyck, los cuales se adquirieron en tiendas comerciales y los cafés

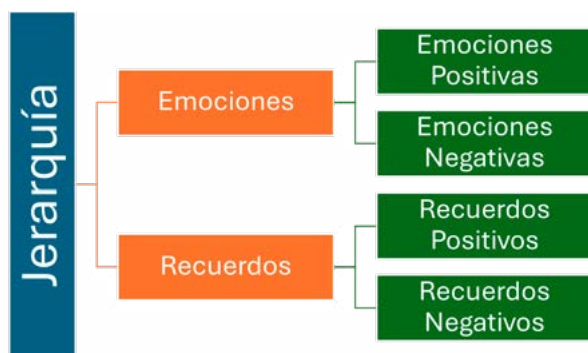
artesanales fueron de la marca Escobar y Córdoba. Estos cafés se adquirieron directamente con el productor. Para el desarrollo de las sesiones con las técnicas APJ y TOPSIS se usaron un total de 20 expertos (10 personas por técnica multicriterio) de la región cafetalera de las Altas Montañas del Estado de Veracruz, los cuales, tiene entre 16 y 50 años experiencia en cafecultura y con edades entre los 34 y 80 años.

Condiciones para las sesiones de las técnicas multicriterio con cafecultores expertos

Para el desarrollo de las sesiones de las técnicas APJ y TOPSIS se efectuó como primer punto la jerarquización de los vocabularios cognitivos, tal como se muestra en la Figura 1.

Figura 1.

Jerarquía usada para la reducción de un vocabulario cognitivo. Las palabras de emociones y recuerdos fueron los considerados en los vocabularios perfil EsSense25 y MemVOC (Nestrud et al., 2016 y Cabal-Prieto et al., 2022)



Posteriormente, se acondicionó un salón con iluminación, temperatura ambiente ($25 \pm ^\circ\text{C}$), ventilación y pantalla para la proyección de las imágenes de cafés mediante un equipo de proyección de la marca Epson modelo PowerLite E20. Cada sesión tuvo una duración aproximada de 120 minutos, en los cuales los expertos daban en consenso su juicio referente a cada emoción y recuerdo considerado en los vocabularios perfil EsSense25 y MemVOC (Nestrud et al., 2016 y Cabal-Prieto et al., 2022).

Desarrollo de cálculos para la técnica Análisis de Procesos Jerárquicos

Los expertos iniciaron con hacer comparaciones pareadas entre emociones o recuerdos, según fue el caso. La definición del valor de la comparación pareada fue de acuerdo con los valores de la escala de Saaty (Tabla 1).

Tabla 1.

Escala de comparación por pares para las preferencias de AHP

Valor	Definición	Explicación para la evaluación de emociones o recuerdos
1	Igualmente preferido	Dos emociones o recuerdos contribuyen en igual medida al objetivo
3	Moderadamente preferido	La experiencia y el juicio favorecen ligeramente una emoción o recuerdo sobre el otro
5	Fuertemente preferido	La experiencia y el juicio favorecen fuertemente una emoción o recuerdo sobre el otro
7	Muy fuertemente preferida	Una emoción o recuerdo es mucho más favorecido que el otro
9	Extremadamente preferida	Preferencia clara y absoluta de una emoción o recuerdo sobre otro
2, 4, 6, 8	Valores intermedios de incrementos	Úselo para una graduación más fina de los juicios

Los cálculos matemáticos del APJ fueron los siguientes:

Paso 1. Construcción de la matriz de comparación pareada.

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{m1} & & x_{mm} \end{bmatrix}$$

Donde X_{ij} es la matriz de comparación por pares de las alternativas, x_{ij} es la calificación numérica entre los criterios i y j . m es el número del criterio. Paso 2. Normalización de la matriz X_{ij} . La normalización es igual a la relación entre

el parámetro relevante y la suma de sus filas. Por ejemplo, el valor normalizado de x_{11} es igual a $x_{11} / (x_{11} + x_{21} + \dots + x_{m1})$. Paso 3. Cálculo de la relación de consistencia (CR) para ilustrar la consistencia de la comparación por pares. Paso 4. Construcción de la matriz Di para determinar la CR multiplicando la matriz X_{ij} y su matriz de prioridad (Bi).

$$Di = \begin{bmatrix} d_{11} \\ d_{21} \\ \vdots \\ d_{n1} \end{bmatrix}$$

El valor propio (λ_{max}) se calculó por:

$$\lambda_{max} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{di}{i}$$

Desarrollo de cálculos para la técnica TOPSIS

Los cálculos de la técnica TOPSIS se efectuaron de la siguiente manera:

Paso 1. Se estableció la matriz de decisión de la siguiente forma:

La construcción de la matriz de decisión se realizó a partir de m muestras de café. A_i , $i = 1, \dots, m$, los cuales fueron evaluados en base con las emociones y recuerdos (n) n_j , $j = 1, \dots, n$;

Donde X_{ij} es la ponderación de la i -ésima muestra de café en términos de j -th emoción o recuerdo y $W = [w_1, w_2, \dots, w_n]$ es el vector de pesos (entre 0 y 1) que se asocia a cada atributo sensorial. El peso asignado a cada atributo emoción o recuerdo se definió en consenso según la experiencia del cafeticultor.

Paso 2. Normalización de la matriz S Posteriormente, los datos X_{ij} se normalizaron según la siguiente ecuación:

$$\bar{n}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij})^2}}, \quad j = 1, \dots, n; \quad i = 1, \dots, m$$

Paso 3. Construcción de la matriz de decisión estandarizada ponderada

El valor normalizado $\bar{v}_{ij}$ matriz de decisión normalizada ponderada $\bar{v}_{ij}$ se calculó utilizando la siguiente ecuación:

$$\bar{v}_{ij} = w_i \otimes \bar{n}_{ij} \quad j = 1, \dots, n; \quad 1, \dots, m$$

Donde es el peso asignado al j -ésimo emoción o recuerdo. Por la naturaleza de la técnica TOPSIS se seleccionaron emociones o recuerdos que obtuvieron valores cercanos a 0 en la diferencia de W entre cafés.

III. Resultados y discusión

Reducción del vocabulario de emociones mediante técnicas multicriterio

Los resultados de la técnica multicriterio APJ y TOPSIS para emociones se muestran en la Tabla 2. Se puede observar que siete emociones (cuatro positivas: satisfecho, dócil, feliz, interesado y tres emociones negativas: aburrido, disgustado y culpable) obtuvieron el mayor W . Sin embargo, con la técnica TOPSIS, se obtuvieron cuatro emociones (dos positivas: bien, de buen carácter y dos emociones negativas: disgustado y culpable) quienes presentaron las diferencias más bajas o cercanas a 0 de W entre cafés (Tabla 2). Los resultados de la técnica multicriterio APJ y TOPSIS para emociones se muestran en la Tabla 3. Se muestra que mediante la técnica APJ, los expertos consideraron dar un mayor valor de W a los recuerdos positivos: infancia, otoño, invierno y clima caluroso, y en el caso de los recuerdos negativos con mayor peso fueron dolor, hedor, adicción y conflictos personales. Para el caso del uso de la técnica TOPSIS, los recuerdos con valores cercanos a 0 o mínima diferencia fueron los recuerdos positivos: amistad, deporte, vida, obsequio, verano, otoño, clima lluvioso y clima caluroso (recuerdos positivos) mientras que los recuerdos negativos fueron obesidad y hedor. Las emociones y recuerdos (positivos y negativos) obtenido vía APJ y TOPSIS también se han reportado en las investigaciones de Bhumiratana et al. (2019) y Cabal-Prieto et al., (2022). En términos generales, la reducción del vocabulario de emociones con la técnica APJ fue del 28 % y con TOPSIS fue del 16 %, mientras que en los recuerdos la reducción fue 36 y 44 %, respectivamente.

Tabla 2.

Valores de peso (W) para emociones vía Análisis de Procesos Jerárquicos y TOPSIS

Emoción positiva	W	Emoción negativa	W	Emoción positiva	Diferencia	Emoción negativa	Diferencia
Jubiloso	0.046	Salvaje	0.033	Jubiloso	0.832	Salvaje	0.418
Amoroso	0.013	Preocupado	0.061	Amoroso	0.922	Preocupado	0.513
Gentil	0.006	Agresivo	0.077	Gentil	0.832	Agresivo	0.382
Nostálgico	0.012	Aburrido	0.277	Nostálgico	0.492	Aburrido	0.275
Complacido	0.114	Disgustado	0.434	Complacido	0.416	Disgustado	0.193
Satisfecho	0.03	Culpable	0.115	Satisfecho	0.176	Culpable	0.138
Seguro	0.088			Seguro	0.256		
Dócil	0.009			Dócil	-0.551		
Comprensivo	0.006			Comprensivo	0.326		
Cálido	0.018			Cálido	0.324		
Activo	0.005			Activo	0.322		
Aventuroso	0.087			Aventuroso	0.185		
Calmado	0.053			Calmado	0.183		
Entusiasta	0.01			Entusiasta	0.424		
Liberado	0.08			Liberado	-0.488		
Bien	0.083			Bien	-0.025		
De buen carácter	0.187			De buen carácter	0.054		
Feliz	0.136			Feliz	-0.126		
Interesado	0.046			Interesado	0.16		

Para APJ: Se retuvieron las emociones con el mayor W; Para TOPSIS: La menor diferencia de W cercana a 0 se consideró para retener una emoción.

Tabla 3.*Valores de peso (W) para recuerdos vía Análisis de Procesos Jerárquicos y TOPSIS*

Recuerdo positivo	W	Recuerdo negativo	W	Recuerdo positivo	Diferencia	Recuerdo negativo	Diferencia
Comida artesanal	0.026	Enfermedad	0.045	Comida artesanal	0.535	Enfermedad	-0.152
Fiesta	0.033	Dolor	0.076	Fiesta	0.419	Dolor	-0.050
Familia	0.087	Herir	0.052	Familia	0.408	Herir	-0.054
Lugar de nacimiento	0.063	Obesidad	0.039	Lugar de nacimiento	0.177	Obesidad	0.027
Infancia	0.12	Hedor	0.079	Infancia	0.637	Hedor	-0.028
Amistad	0.044	Adicción	0.215	Amistad	0.098	Adicción	0.349
Deporte	0.012	Pobreza	0.023	Deporte	-0.024	Pobreza	0.325
Vida	0.013	Muerte	0.012	Vida	-0.048	Muerte	0.220
Obsequio	0.022	Conflictos personales	0.384	Obsequio	0.000	Conflictos personales	0.383
Primavera	0.032	Accidente	0.07	Primavera	-0.277	Accidente	0.362
Verano	0.032			Verano	0.077		
Otoño	0.176			Otoño	-0.024		
Invierno	0.15			Invierno	0.553		
Clima lluvioso	0.162			Clima lluvioso	0.000		
Clima frío	0.004			Clima frío	-0.251		
Clima caluroso	0.006			Clima caluroso	0.000		
Clima templado	0.009			Clima templado	0.180		

IV. Conclusiones

Con la aplicación de las técnicas multicriterio APJ y TOPSIS los vocabularios originales EsSense25 y MemVOC se pudo obtener obtuvo un vocabulario reducido de siete emociones (cuatro positivas y tres negativas) y siete recuerdos (cuatro positivos y tres negativos) vía APJ y con la técnica TOPSIS un vocabulario reducido de cuatro emociones (dos positivas y dos negativas) y

11 recuerdos (ocho positivos y tres negativos). La implementación de las técnicas multicriterio de esta investigación para la reducción de los vocabularios cognitivos poder ser una nueva herramienta que permita reducir los tiempos de evaluación de cafés en contextos de laboratorio de evaluación sensorial y vía remota.

V. Bibliografía

- Ares, G., Barreiro, C., Deliza, Rosires., Giménez, A., & Gámbaro, A. (2010). Application of a Check-All-That-Apply question to the development of chocolate milk desserts. *Journal of Sensory Studies*. 25(s1), 67 - 86. <https://doi.org/10.1111/j.1745-459X.2010.00290.x>
- Bhumiratana, N., Wolf, M., Chambres, I., & Adhikari, K. (2019). Coffee Drinking and Emotions: Are There key sensory drivers for Emotions? *Beverages*, 5, 1-13. <https://doi.org/10.3390/beverages5020027>
- Cabal Prieto, A., Teodoro Bernabé, G., Coria Rincón, C., Sánchez Arellano, L., Ramón Canul, L.G., Rodríguez Miranda, J., Prinyawiwatkul, W., Juárez Barrientos, J.M., Herrera Corredor, J.A., & Ramírez Rivera, E.J. (2022). *Development of a memory vocabulary (MemVoC) for food products using coffee as a model*. Food Science and Technology, 1-12. <https://doi.org/10.1590/fst.44221>
- Castillo-Martínez, S.I., Díaz-José, J., Herrera-Corredor, J.A., Cabal-Prieto, A., Leyva-Ovalle, O.R., Murguía-González, J., Dimas-García, C.H., Prinyawiwatkul, W., & Ramírez-Rivera, E.J. (2023). "Sensory, cognitive perception and consumer liking of Mexican Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka): an online survey with pictures comparing consumer types and sale contexts". *International Journal of Food Science & Technology*. Author Manuscript. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16761>
- Dairou, V., & Sieffermann, J.-M. (2002). A comparison of 14 jams characterized by conventional profile and a quick original method, the Flash Profile. *Journal of Food Science*, 67(2), 826–834. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb10685.x>
- Deng, H., Yeh, C. H., & Willis, R. J. (2000). *Inter-Company Comparison Using Modified Topsis With Objective Weights*. Computer and Operations Research, 27, 963-973. [https://doi.org/10.1016/S0305-0548\(99\)00069-6](https://doi.org/10.1016/S0305-0548(99)00069-6)
- Dogan, M., Aslan, D., Aktar, T., & Goksel, S.M. (2016). *A methodology to evaluate the sensory properties of instant hot chocolate beverage with different fat contents: multi-criteria decision-making techniques approach*. European

- Food Research and Technology, 242: 953-966. <https://doi.org/10.1007/s00217-015-2602-z>
- Duman, G. M., Tozanli, O., Kongar, E., & Gupta, S. M. (2017). A holistic approach for performance evaluation using quantitative and qualitative data: a food industry case study. *Expert System with Applications*, 81, 410-422. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2017.03.070>
- Iç, Y.T. (2014). A Topsis based desing of experiment approach to assess company ranking. *Applied Mathematics and Computation*, 227, 630-647. <https://doi.org/10.1016/j.amc.2013.11.043>
- Jiang, Y., King, J.M., & Prinyawiwatukul, W. (2014). A review of measurement and relationships between food, eating behavior and emotion. *Trends in Food Science and Technology*, 36(1), 15-28. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.12.005>
- Karaman, S., Toker, Ö. S., Yüksel, F., Çam, M., Kayacier, A., & Dogan, M. (2014). Physicochemical, bioactive and sensory properties of persimmon-based ice cream: Technique for order preference by similarity to ideal solution to determine optimum concentration. *Journal of Dairy Science*, 97, 97-110. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7111>
- Nestrud, M. A., Meiselman, H. L., King, S. C., Leshner, L. L., & Cardello, A. V. (2016). Development of EsSense25, a shorter version of the EsSense Profile®. *Food Quality and Preference*, 48(Part A), 107-117. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.08.005>
- Pagès, J. (2003). Recueil direct de distances sensorielles: application à l'évaluation de dix vins blancs de Val de Loire. *Science des Aliments*, 23, 679-888.
- Pagès, J. (2005). Collection and analysis of perceived product interdistances using multiple factor analysis: application to the study of 10 white wines from the Loire Valley. *Food Quality and Preference*, 16(7), 642-664. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2005.01.006>
- Peralta-Cruz, C., Rodríguez-Buenfil, I.M., Cabal-Prieto, A., Cuervo-Orsorio, V.D., Oney-Montalvo, J.E., Herrera-Corredor, J.A., Ramírez-Sucre, M.O., & Ramírez-Rivera, E.J. (2021). Modeling consumer satisfaction to identify drivers for liking: an online survey based on images of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Journal of Sensory Studies*. 36(6):1-10 JCR. <https://doi.org/10.1111/JOSS.12696>
- Ramírez-Rivera, E.J., Morales-Carrea, U.A., Limón-Rivera, R., Castillo-Martínez, S.I., Hernández-Salinas, G., Ramírez-Sucre, M.O., & Herrera-Corredor, J.A. (2020). "Analytic hierarchy process as an alternative for the selection of vocabularies for sensory characterization and consumer preference". *Journal of Sensory Studies*. 35(1):1-11. <https://doi.org/10.1111/joss.12547>

- Ramírez-Rivera, E.J., Galván-Herrera, M.E., González-López, C., Tello-Torres, M., Sánchez-González, C.N., Guerrero-Ortiz, C.A., Hernández-Salinas, G., Cabal-Prieto, A., Herrera-Corredor, J.A. (2023). Novel Oaxaca-cheese-based food products prepared by molecular cooking techniques: an insight into attributes, emotions, memories and liking". *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 32:100694. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2023.100694>
- Ramírez-Rivera, E.J., Ramón-Canul, L.G., Castillo-Martínez, S.I., Rodríguez-Miranda, J., Herman-Lara, E., Prinyawiwatkul, W., Can-Herrera, L.A., Sánchez-Arellano, L., Cabal-Prieto, A., Herrera-Corredor, J.A. (2024). Effect of pressing time on sensory attributes of fresh goat cheese: Correlation with emotions and memories evoked in consumers. *International Journal of Dairy Technology*, 77(3):940-948. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.13085>
- Ramón-Canul, L.G., Margarito-Carrizal, D.L., Limón-Rivera, R., Morales-Carrera, U.A., Rodríguez-Buenfil, I.M., Ramírez-Sucre, M.O., Cabal-Prieto, A., Herrera-Corredor, J.A., & Ramírez-Rivera, E.J. (2021). Technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS) method for the generation of external preference mapping with rapid sensometric techniques. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101: 3298-3307. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10959>
- Ramón-Canul, L.G., Cabal-Prieto, A., Rodríguez-Ramírez, T.A., Sánchez-Arellano, L., Ramírez-Sucre, M.O., Rodríguez-Buenfil, I.M., Valdivia-Sánchez, J., Can-Herrera, A., Herrera-Corredor, J.A., & Ramírez-Rivera, E.J. (2023). Pivot© and check-all-that-apply techniques for the analysis of honey adulteration: impact on consumer liking, emotions and memories. *International Journal of Food Science & Technology*, 56: 573-586. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16488>
- Ren, H., & Liu, W. (2015). A Fuzzy Multi-attribute Decision Making Method for Sensory Evaluation of Tea Liquor. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 9: 87-91.
- Santiago-Cruz, I. A., Ramírez-Rivera, E.J., López-Espíndola, M., Hidalgo-Contreras, J. V., Prinyawiwatkul, W., Herrera-Corredor, J.A. (2021). Use of online questionnaires to identify emotions elicited by different types of corn tortilla in consumers of different gender and age. *Journal of Sensory Studies*, 36(2): 1-9. <https://doi.org/10.1111/joss.12638>

Capítulo 7

Comercialización local de *Dracaena fragrans* 'massangeana' en la Joya, Veracruz

Local marketing of Dracaena fragrans 'massangeana' in la Joya, Tezonapa, Veracruz

Nemakalis tepekalihtik yen Dracaena fragrans 'massangeana' itech kaltepetl, la Joya“, Veracruz

Antonia Amador Arrillaga¹ / Ismael Quiroz Guerrero² / Jasiel Valdivia Sánchez¹ / Yaqueline A. Gheno Heredia² / Emmanuel de J. Ramírez Rivera¹ / Gregorio Hernández Salinas¹ / Cristal A. Guerrero Ortiz¹

Autor para correspondencia: Ismael Quiroz Guerrero / iquiroz@uv.mx

<https://doi.org/10.61728/AE20252724>



¹ Innovación Agrícola Sustentable. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km. 4 Carretera S/N Tepetitlanapa. 95005 Zongolica, Veracruz, México.

² Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana Campus Peñuela. Km. 1 carretera Peñuela-Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. C.P. 94500.



Resumen

El objetivo del presente trabajo fue determinar las características de los productores, el manejo y la comercialización de *D. fragans massageana* en la Joya, Veracruz. Se localizaron productores de follaje y se aplicó un cuestionario con 16 variables agrupadas en dos secciones: la primera abordó el perfil socioeconómico del entrevistado, y la segunda, sobre el manejo en campo, cosecha y postcosecha. Otros reactivos consistieron en respuestas del tipo dicotómicas (Sí/No). Posteriormente, se visitaron los domicilios y parcelas de los productores para realizar entrevistas individuales. La duración de las entrevistas fue de aproximadamente una hora. Para la caracterización del valor económico del follaje, se visitaron mercados de flores en las ciudades de Orizaba y Fortín, y de tres localidades semirurales: Omealca, Tezonapa y Cosolapa. Una vez caracterizados los factores socioeconómicos en Excel, fueron exportados al programa Statistica versión 7.0, en donde se aplicaron estadísticas de tendencia central y de dispersión. La edad promedio de los productores entrevistados fue de 49 años ± 17.64 y con un ingreso económico mensual del jefe de familia de \$ 2378.00 pesos. El 71 % de los productores dirigen su producto al municipio de Tezonapa, seguido de la Ciudad de México (29 %), que es el segundo mercado de destino para este follaje. El proceso de cosecha lo realizan los compradores, quienes cuentan con criterios de calidad subjetiva. El precio del millar de follaje de maicera es de \$110.00 y si este es lavado, seleccionado y entregado fresco desde el lugar de corte, puede alcanzar los 180.00 pesos el millar. Se

concluye que el aprovechamiento del follaje de *D. fragrans* massageana es un recurso económico extra para los productores de café, debido a que se siembra principalmente en los linderos y transporta a mercados regionales en donde existe gran demanda para integrarla a los arreglos florales.

Abstract

The aim of this study was to determine the characteristics of farmers, management and marketing of *D. fragrans* massageana in La Joya, Veracruz. Foliage producers were located and a questionnaire with sixteen variables grouped into two sections was applied. The first addressed the socioeconomic profile of the interviewee, and the second, on field, harvest, and post-harvest management. Other reagents consisted of dichotomous responses (Yes/No). Subsequently, visits to the homes and plots of the producers were conducted for individual interviews. The interviews lasted approximately one hour. To assess the economic value of the foliage, visits were conducted to flower markets in the cities of Orizaba and Fortín, as well as in three semi-rural areas: Omealca, Tezonapa, and Cosolapa. After characterizing the socio-economic factors in Excel, the data were exported to Statistica 7.0 for the application of central tendency and dispersion statistics. The results showed that the average age of the interviewed producers was 49 years ± 17.64 and the monthly income of the head of the family was \$2378.00 pesos. 71 % of the producers direct their product to the municipality of Tezonapa, followed by Mexico City (29 %) which is the second destination market for this foliage. The harvesting process is performed by buyers who follow their own quality criteria. The price of a thousand leaves of maize is \$110.00 and if this is washed, selected and delivered fresh from the place of harvest, it can reach 180.00 pesos per thousand. It is concluded that the use of the leaves of *D. fragrans* massageana is an additional income source for coffee producers, as it is planted on borders and sold in regional markets for floral arrangements.

Tlahtolsepanol

Ih tekiyo' inin tekitl oyehtok mochihuaskeh itlamankeh yen tlatokahkeh, ken motekipanos ihuan monemakas yen *D. fragrans* massageana itech kaltepetl "La Joya", Veracruz. omoh ahsikeh xi'tōkākeh ihuan omoh tekiti' seh tlahtol-tla'tlanki' ikah 16 tlamanti' olochihtokeh ika omeh xelolismeh, tlen achto' okih kitzki' tlakatominyo' yen akin oktlatlani'keh ihuan omehpan ipan kenin moh

tekipanohua' milpan, pixkalis ihuan satepanpixkalis. Oksekih tlahtlanilmeh omochi'keh kemah nankililmeh tlen omihto' (kemah) o (mach kemah). Oksiohtli' omoh tetlapalo'keh chanmeh ihuan milpanti' tlen pohui' tlatōkakeh pampa moh tlahtlaniskeh se'semen. Tlatlanilistli' omōchi' ohuehka' itech seh kahuitl. Pampa itlachialis tlen tominyo' ishuyotl omoh ihtato' xochitlanemakayopanmeh itech kalpinopan Orizaba, Fortin ihuan itech eyih kaltepeyo' tlen ayamo' pinopan: Omealkan Tezonapan ihuan Kosolapan. Siotli' omoh ixkualnexti'keh ininkeh tominyo'keh itech Excel omoh titlankeh itech tepoztlakuilol Statistica yankuiok 7.0 ik kanin omoh tlali'keh omoh po'keh kualnextokeh tlatlahko' ihuan tlen inon xitintōkeh. Tlen okiskeh okih ixpanti'keh in tlahko' xihkayo'tlatōkakeh akin okintlahtlani'keh oyakih yen 49 xihuitl ± 17.64 ihuan ikah tlen intlaxtlahuil mehetztli' chanehtlanahuati' yen \$ 2378.00 pesos. Yen 71 % tlatōkakeh kih titlani' in pixkayo' itech kaltepetl Tezonapan, tlamitzin ihtzinpan kalpinopan Mexiko' (29 %) tlen omehpan kaltlanemakapan ik kih titlani' inin xiyo'ishuatl. Kenin mohteki' kih chihua' tlako'keh akimeh kipia' kenin kih yektlaliskeh. Ik monemaka' seh ihjuitl xi'ishuyotl kenin mōtokayotia' maicera \$110.00 ihuan inin tla tlapaktli', pehpenalyo' ihuan omotemakti' selik kenin omōtek, hueltis kih ahsis 180.00 pesos ihjuitl. Onmoh ihtohua' tlen motlamahsehuia' xihyo'ishuatl yen D fragans massageana seh tomintzin mohtlani' ixkoyan pampa kähjuen tlatōkakeh tlenyen moh tōka' tla'tlatentli' ihuan moh huika' itech tlanemakapan kaltepeyoh ik kanin miak moneki' pampa ihuan kinelohua' xochitlachichihkeh.

I. Introducción

El estado de Veracruz se distingue por su riqueza biológica, esto gracias a que en él se localiza la zona de transición de las regiones Neártica y Neotropical, las cuales poseen flora y fauna diversa dentro de una amplia gama de ecosistemas por lo que el Estado concentra uno de los mayores índices de diversidad vegetal registradas en México (Ramírez, 2009). Aunado a lo anterior, existen diferentes grupos sociales caracterizados en condición de pobreza y alto grado de marginación, pero los coloca como actores clave en la conservación de la agrodiversidad, lo que permite un nivel de sostenibilidad significativo en términos de opciones para el aprovechamiento agropecuario y económico, así como de servicios agroecosistémicos a través de la comercialización de los productos, incluidos aquellos con valor agregado (Astier et al. 2021).

El 41 % del territorio del estado de Veracruz se considera como propiedad colectiva integrada principalmente por ejidos y comunidades indígenas en donde se estima que existe una concentración poblacional perteneciente a chinatecos,

huastecos, mazatecos, nahuas, olutecos, otomíes, popoluca de la sierra, sayulteco, tepehua, texistepequeño y totonacos (INPI, 2024). La mayor parte de las personas en los territorios de propiedad colectiva aprovechan los recursos forestales como alimento, materiales de construcción para las viviendas, leña para combustible, como fuente importante de remedios medicinales y como elementos fundamentales en prácticas rituales y religiosas (López et al., 2005).

Los recursos forestales no maderables (RFNM), son bienes de origen biológico, distintos de la madera y derivados de los diferentes ecosistemas. Los RFNM, también llamados beneficios forestales no madereros, son la parte no leñosa de la flora de un ecosistema; constituyen recursos biológicos con diversos beneficios, por ejemplo: frutos, semillas, aceites, especias, resinas, gomas, plantas medicinales, insectos entre otros, y en su mayoría son obtenidos de manera silvestre mediante recolección (White et al. 2023). Los productos obtenidos del bosque promueven espacios en donde se realizan actividades económicas integrado por formas organizativas privadas creadas por las personas como respuesta a satisfacer las necesidades económicas que permitan el desarrollo humano del grupo (Morales y Fabré, 2021).

La demanda de follaje depende principalmente de fechas asociadas a conmemoraciones o celebraciones las cuales son una ventana de oportunidad y que los productores aprovechan cuando asocian los follajes con cultivos o árboles maderables (Grenón et al., 2014; White et al., 2023). La comercialización de los follajes es una actividad económica en la que participan miembros de familia de diferentes edades cada uno que cumpliendo con diferentes roles con la meta de llevar las materias primas a los diferentes mercados de flores y hortalizas de la región y del país (Morales y Fabré, 2021).

La especie *D. fragrans* massangeana es una especie de importancia por su follaje y también como planta ornamental en diversas áreas tropicales húmedas del mundo (Grenón et al., 2024; White et al., 2023) incluido el municipio de Tezonapa, Veracruz. Sin embargo, es importante determinar las características de los productores, el manejo del agroecosistema y la comercialización de esta especie de follaje.

II. Materiales y métodos

El estudio fue realizado en la localidad de La Joya (Congregación Paraíso Reforma), localizada geográficamente al 96° 78' y 18° 64', a una altitud de 645 msnm. La Joya pertenece al municipio de Tezonapa del estado de Veracruz, con una población de 274 habitantes (INEGI, 2007).

Muestreo de la población

Debido a la carencia de un marco muestral en la producción de *D. fragrans* massageana en la localidad de estudio, se utilizó el muestreo de bola de nieve, el cual es una técnica de muestreo no probabilística utilizada en poblaciones de baja incidencia y/o individuos de difícil acceso y que considera que los miembros de la población tienen una red social en donde los individuos seleccionados reclutarán nuevos participantes entre sus conocidos (Infante y Zarate de Lara, 2013). El número de productores entrevistados fue de 50 personas.

Importancia socioeconómica de *Dracaena fragrans* ‘massangeana’

Se determinó la importancia Socioeconómica de *Dracaena fragrans* ‘massangeana’ mediante un cuestionario estructurado con 16 variables agrupadas en dos secciones: la primera, abordó el perfil socioeconómico del entrevistado, y la segunda, sobre el manejo en campo, cosecha y postcosecha de *Dracaena fragrans* ‘massangeana’. En las dos secciones del cuestionario se incluyeron respuestas abiertas. Otros reactivos consistieron en respuestas del tipo dicotómicas (Sí/No). Posteriormente, se visitaron los domicilios de los productores y sus parcelas para realizar entrevistas individuales. La duración de las entrevistas fue de aproximadamente una hora. Para la caracterización del valor económico del follaje se visitaron mercados de flores en las ciudades de Orizaba y Fortín, y de tres localidades semi-rurales: Omealca, Tezonapa y Cosolapa.

Análisis de la información

Una vez caracterizados los factores socioeconómicos, los datos obtenidos fueron analizados con el programa Statistica® versión 7.0.

III. Resultados y discusión

Características Socioeconómicas del productor

La edad promedio de los productores entrevistados fue de 49 años ± 17.64 y con un ingreso económico mensual del jefe de familia de \$ 2,378.00 pesos. La superficie media de las parcelas fue de 0.93 hectáreas ± 1.74 . El 60 % de los entrevistados corresponden a productores del género femenino en un contexto

donde predomina el género masculino. Con relación a la educación, el 49 % mencionó tener la primaria terminada, el 21 % la secundaria, el 6 % la preparatoria, el 4 % primaria trunca y un 20 % respondió que no asistió a la escuela. Respecto a idiomas autóctonos, el 83 % de los productores solo habla español, el 15 % habla el náhuatl y el 2 % mixteco.

El perfil socioeconómico de los productores de follaje es similar a lo determinado por autores como Vilaboa et al., (2009) quienes documentaron que en el núcleo familiar de productores agropecuarios existen en promedio 3 miembros por familia ± 1.6 y un hijo y una hija por cada hogar, lo cual es similar a los datos que proporciona INEGI, (2018) en donde se menciona que en México los ocupantes por vivienda particular habitada son de 4 miembros. Sin embargo, el ingreso económico obtenido en el sector primario, y particularmente en actividades agropecuarias es inferior a un salario mínimo para el año 2018 (\$ 88.33) en el caso de la agricultura, y respecto al salario que percibe un ganadero este fue de \$105.00 por día Martínez et al., (2012) los datos anteriores indican que quienes se encuentran en esas condiciones son considerados como pequeños productores (Vilaboa et al., 2009).

Importancia socioeconómica de *Dracaena fragrans* 'massangeana'

Los productores entrevistados (48) venden el 100 % del follaje de maicera (*D. fragrans* 'Massangeana'), para obtener un ingreso económico extra al cultivo de café. El aprovechamiento del follaje de maicera es variable debido a que el 50 % de los productores extrae el follaje del lindero de sus casas y el otro 50 % lo extrae de los cafetales. Para poder comercializar el follaje de maicera, el 72 % de los productores realizan la venta por millar y el 28 % por rollo, el precio del millar se mantiene en un promedio de 91.6 pesos, ± 11.14 , mientras tanto el rollo es vendido en 10 pesos, ± 8.4 . Mientras que Tejeda et al., (2015) describe que los productos florícolas se comercializan en diversas presentaciones como arreglos florales (86 %) o en forma de ramos (59 %), manojos (47 %) o tallos sueltos (45 %). La cantidad vendida por cosecha de follaje que un productor comercializa es de 2.5 millares ± 1.8 , obteniendo en promedio un total de \$229 pesos ± 20 , de acuerdo con la demanda del mercado tal como sucede en temporadas festivas.

Los 48 productores de la comunidad Joya, son parte de la agricultura familiar (pequeños productores), estos poseen pequeñas extensiones de tierra (0 a 5 ha), y en las cuales trabajan para poder generar alimentos para su consumo

y al mismo tiempo poder generar un ingreso que si bien es importante, no es suficiente para poder cubrir las necesidades de cada uno de los integrantes de la familia. A diferencia de los medianos (5 a 20 ha) y grandes productores (>20 ha), los pequeños productores se caracterizan por enfocar su producción para el autoconsumo y en menor proporción para la venta local. Los productores empresariales son aquellos quienes obtienen mejores ingresos económicos en la producción agropecuaria, ya que son los mayoritarios y pueden tener acceso a diversos mercados (tecnología, capital, productos) que pueden hacer de su unidad productiva de mejor calidad (CEPAL, 2016). Por su parte Macías, (2013) considera que tradicionalmente la agricultura en pequeña escala se ha identificado con el concepto de campesino, a quien se señala como el productor rural inserto en una cultura tradicional.

El destino del follaje producido es diverso. El 71 % de los productores dirigen su producto al municipio de Tezonapa, seguido de la ciudad de México (29 %), que es el segundo mercado de destino para este follaje. El proceso de cosecha lo realizan los compradores, quienes se encargan de cortar el follaje y tomar en cuenta criterios de calidad subjetiva como: “buen tamaño”, “que esté libre de plagas y enfermedades”, “que presente buen color y sin necrosis”. Para que los criterios de calidad de follaje se cumplan, los productores fomentan el manejo del producto como: la poda, fertilización o limpieza necesaria para que el follaje tenga una presentación atractiva.

La diversificación de actividades permite a los productores obtener un ingreso extra de dinero al sistema de producción para desarrollar otras actividades de mantenimiento en la finca (Vilaboa et al., 2009). La extracción de follaje en los linderos de la parcela permite optimizar el espacio disponible y aumentar los ingresos, a diferencia de lo que sucede en otras comunidades en donde la producción de follajes se realiza bajo condiciones de viveros e invernaderos (Tejeda et al., 2015). La diversidad de especies aprovechables en los sistemas de cultivos es similar a lo determinado por Martínez et al., (2016) en productores de café de Coatepec y Huatusco los cuales utilizan 18 especies de árboles con doble propósito tanto locales como introducidas en donde sobresalen el uso para sombra del cafeto, extracción de madera para construcciones rústicas y como combustible. Valor económico del follaje de maicera en florerías ubicadas en dos municipios.

En las florerías ubicadas en los municipios de Fortín y Tezonapa se observó que el precio de la presentación comercial del follaje de *Dracaena fragrans* 'massangeana' presenta precios superiores comparados con florerías de otros municipios. El precio del millar de follaje de maicera es de \$110.00 y si este es lavado, seleccionado y entregado fresco desde el lugar de corte, puede alcanzar los 180.00 pesos el millar. Los rollos de entre 25 y 30 piezas en el mismo municipio se encuentran en \$5.00 pesos, y una vez que el follaje es integrado a arreglos florales (pueden contener de 3 a 30 piezas de hojas maiceras) tienen un valor que va desde los \$50.00 hasta los \$1200.00 pesos. La razón por la cual el precio de las presentaciones (rollo, millar) del follaje en campo, es de menor precio, se debe a que los productores desconocen el valor que puede alcanzar el follaje, una vez que este es entregado por los intermediarios a los mercados y florerías. De manera que los intermediarios llegan al lugar de origen a extraer follaje por rollo, pagándole al productor \$5.00 pesos, conformado por 50 piezas y que en el mercado obtiene un valor de \$15.00 hasta \$20.00 pesos.

A diferencia de las florerías del municipio de Fortín, en Tezonapa el precio del rollo puede tener un costo de \$20.00 pesos, siendo la presentación por rollo la que más se comercializa en este municipio, comentaron que la presentación en millar no es factible debido a que hay días en las que no hay mucha venta, agregaron que además conseguir el follaje es rápido por la cercanía de esta. La temporada en la que las floristerías tienen más venta son en el mes de mayo (el día de las madres) y en diciembre (día de la Virgen de Juquila y de Guadalupe) por ser festividades de gran relevancia celebrada en el país.

El valor del follaje de maicera en las florerías es mayor comparado con el precio en el campo (\$5.00) el rollo, y el millar (\$100.00). Cabe mencionar que el follaje, en el caso del municipio de Tezonapa, son provenientes de la localidad de la Joya. El follaje utilizado en mercados establecidos en Fortín no es extraído de la localidad de la Joya; sin embargo, es un ejemplo del aumento en el valor comercial que el producto puede alcanzar, si es entregado con la calidad que los floristas necesitan.

La comercialización del follaje y la agregación de valor son dos áreas de oportunidad identificadas con los productores de La Joya tal como sucede con lo determinado por Tejeda et al., (2015) quienes mencionaron que, entre los materiales vegetales usados como follajes, el más vendido es el clavo con 25 % de las ventas, y una forma muy común de venta es incluirlo en los arreglos florales y ramos. De lo anterior, Samaniego et al., (2012) mencionaron que en las florerías de Mexicali el follaje utilizado como relleno en arreglos y que tienen mayor uso es el minicambray, con 26 %, camedor con 25 %. Con 20 % se encontró en follajes diversos, tales como minitulia, piñanona, dracenia, mirto, pino, tulia, podocarpus, ruscus israelí, entre otros.

El aumento de precio del follaje por valor agregado coincide con los resultados reportados por Tlahuextl et al., (2006), quienes encontraron los precios de arreglos en los mercados de Puebla en un rango de entre \$60.00-100.00 el sencillo, \$100.00-230.00 el mediano y \$230.00- 600.00 el grande, resaltando que a este último se agrega la hoja maicera. Algunas de las fechas concuerdan con las determinadas por Tlahuextl et al., (2006) de 40 florerías y 6 mercados de Puebla, las fechas en las que la venta de algunas especies de flores en arreglos es: 1° de enero, 14 de febrero, una semana antes de pascua, 10 de mayo, 1-8 de junio, 1-2 de noviembre, 10-12 de diciembre y 22-24 de diciembre. El 82% de las floristerías registraron el día de las madres como su fecha de venta más alta, seguida de otras fechas importantes como el 12 de diciembre, días de muertos (1-2 de noviembre), 14 de febrero (Tejeda et al., 2015).

IV. Conclusiones

En la comunidad de La Joya, *D. fragrans massageana* es asociada a sistemas de producción de café, plátano y árboles maderables. La importancia socioeconómica radica en que los productores de La Joya cultivan *D. fragrans massageana* con la finalidad de aprovechar su follaje y comercializarlo lo que les permite obtener un ingreso económico cuando la cosecha de café se ha terminado y qué en un contexto de pobreza y marginación permite subsistir económicamente al productor. Sin embargo, el follaje que se produce se vende a intermediarios y el cuál podría tener mayor valor agregado si el productor lo comercializara directamente en los principales mercados regionales como el de Orizaba, Fortín o Córdoba.

V. Bibliografía

- Astier, M., Perales, R. H., Orozco, R. Q., Aragón, C. F., Bye, R., Linares, E., y Mera, O. L.M., (2021). *Conservación de la agrobiodiversidad en México: propuestas y experiencias en el campo*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO)/Comisión Nacional de Áreas Protegidas (CONANP), Ciudad de México. 210 p.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2016). *Observatorio demográfico 2016: Proyecciones de población*. CEPAL.
- Grenón, C.G.N., López, S. J.A., y García, P. D., (2014). Follajes comercializados en dos mercados de flores del Altiplano Central Mexicano. *Polibotánica*, 38, 193-212.

- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2018, octubre). *Climatología*. <https://www.inegi.org.mx/temas/climatologia/>
- Instituto Nacional de Pueblos Indígenas [INPI]. (2024). *Atlas de los pueblos indígenas*. <https://atlas.inpi.gob.mx/veracruz-2/>
- Infante, G. S., & Zarate de Lara, G.P. (2013). *Métodos estadísticos. Un enfoque interdisciplinario* (3ª ed.). Colegio de Postgraduados
- López, C., Chanfón, K. S., y Segura, W. G., (2005). *La riqueza de los bosques mexicanos: más allá de la madera*. Experiencias de comunidades rurales. SEMARNAT, primera edición. Pp 11-145.
- Macías M. A. (2013). Introducción. *Los pequeños productores agrícolas en México*.
- Martínez, L. J., Acosta R., Alejandra, & Martínez y Ojeda, Enrique; Manzano. (2016). Recursos forestales no maderables en dos comunidades zapotecas de la Sierra Juárez de Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, pp. 37-52
- Martínez, C. C., Cotería R. J. y Zavaleta, J. (2012). Características De La Producción Y Comercialización De Leche Bovina En Sistemas De Doble Propósito En Dobladero, Veracruz. *Revista Mexicana de Agronegocios*, XVI (30), 816-824
- Morales, A. G. J., y Fabré, P. D.A., (2021). Follaje: producción y comercialización ante la nueva normalidad. *Interconectando saberes*, 12: <https://doi.org/10.25009/is.v0i12.2714>
- Samaniego, G. B.Y., Cano, G. B.V., Colinas, L. M. T. B., Sánchez, A. C. y Manzo, G. A., (2012). Red de mercadeo y rentabilidad de flor de corte en el Valle de Mexicali, Baja California, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3, 565-578.
- Tejeda, S. O., Ríos B. Y., Trejo, T. L. I., & Vaquera, H. H. (2015). Caracterización de la producción y comercialización de flor de corte en Texcoco, México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(5), 1105-1118.
- Tlahuextl, T., C., Ávila, S. J., y Leszczyńska B. H. (2005). Flores De Corte Y Follaje En Florerías Y Mercados De Puebla, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, pp.324-327.
- Vilaboa, A., J., & Díaz-R., P., & Ruiz-R. O., & Platas-R., D., & González-M., S., & Juárez-L., F. (2009). Caracterización socioeconómica y tecnológica de los agroecosistemas con bovinos de doble propósito de la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 10 (1), 53-62.
- White, O. L., Chavez, M. C., García, M. D., y Michua, H. G., (2023). Recursos forestales no maderables utilizados en la elaboración de artesanías en la comunidad de Malinalco, Estado de México. *Polibotánica*, 55: <https://doi.org/10.18387/polibotanica.55.15>

Sección **IV**

Producción animal y economía agrícola



Capítulo 8

Costos en la producción de hule (*Hevea brasiliensis*) en el municipio de Tezonapa, Veracruz

Costs of rubber production (*Hevea brasiliensis*) in the Municipality of Tezonapa, Veracruz

Kechi' ik mochihua' hullin (*Hevea Brasiliensis*) itech kaltepetl, Tezonapan, Veracruz

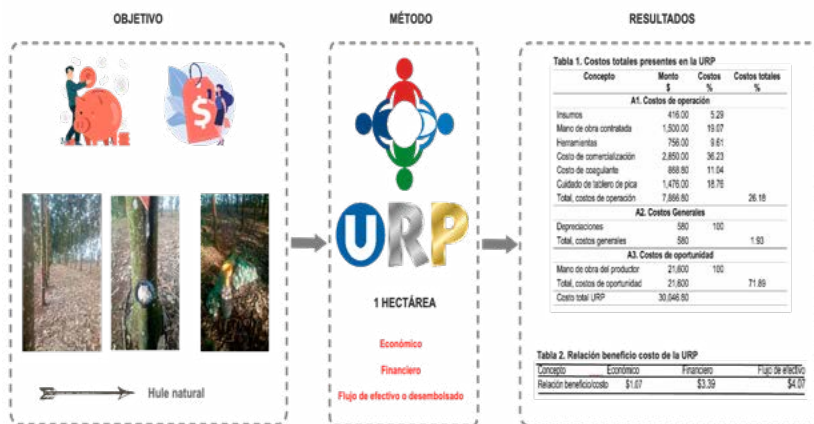
José M. Blanco Barragán¹ / Susana I. Castillo Martínez¹ / Hilario García Martínez¹ / Rogelio Limón Rivera¹ / Carlos H. Dimas García¹

Autor de correspondencia: Susana I. Castillo Martínez / susana_castillo@zongolica.tecnm.mx

<https://doi.org/10.61728/AE20252731>



¹ Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km 4 Carretera a la compañía S/N, Tepetitlanapa, 95005 Zongolica Veracruz, México



Resumen

El cultivo de hule se concentra en el sureste mexicano, destacando Tezonapa como uno de las cuatro regiones más productivas. Este estudio tuvo como objetivo estimar los ingresos y costos de producción de hule en Tezonapa, mediante el método de paneles de costos y considerando 1 hectárea como unidad representativa de producción (URP). Los resultados mostraron que en una hectárea se presentan costos: a) económicos de \$30 046.80, b) financieros de \$8446.80 y, c) de flujo de efectivo de \$7866.80. Los costos por tonelada de hule fueron de \$15 023.40 (económico) y \$4223.40 (financiero). Se identificó que la comercialización y la mano de obra representan más del 55 % del costo total. Se concluye que la unidad analizada puede cubrir su inversión y riesgos, garantizando la rentabilidad de la actividad a corto, mediano y largo plazo, lo que proporciona beneficios a los productores.

Abstract

The cultivation of rubber is concentrated in southeastern Mexico, with Tezonapa recognized as one of the four most productive regions. This study aimed to estimate the income and production costs of rubber in Tezonapa using the cost panel method, considering 1 hectare as the representative production unit (RPU). The results indicated that the costs for one hectare were: a) economic costs of \$30 046.80, b) financial costs of \$8446.80, and c) cash flow costs

of \$7866.80. The costs per ton of rubber were \$15 023.40 (economic) and \$4223.40 (financial). Marketing and labor constitute more than 55 % of the overall expense. The analysis determined that the examined unit is capable of covering its investments and risks, thereby guaranteeing the profitability of the activity over the short, medium, and long term. This ultimately provides advantages to the producers.

Tlahtolsepanol

Tlātoktli' ullin moh ahsi' netlan nakastlan ik kisah tonaltzin mexikatlapan, tlayakapan kistok Tezonapan kemah nahui kaltepeyoh okachi' tlamochihua'. Inin tlaixtokilis okipixkih kema itekiyo' kih pohuas tomin tlanil ihuan kexkich tomin moh nehki' ik mochihuas ullin itech kaltepetl Tezonapan, ikah tekihyeh-yekolli' kenin moh tokayotia' "paneles de costos" ihuan tik pohua' seh hectárea kemah sepan ixpankistok yen motlachihual (URP). Kīsas pohualmeh okte' ihti-ti'keh kemah itech seh hectárea moh ixnextiah kechimeh: a) mach patiokeh yen \$30 046.80, b) tominyo'keh yen \$8446.80 ihuan c) tlen huehkapaniya' tomin \$7866.80. kechilismeh ipan seh tonelada ullin oya'keh \$15 023.40 (mach patiyo') ihuan \$4223.40 (tominyo'). Omoh ahsik tlen monemahka' ihuan mah-tekipanol kixnextia' okachi' yen 55 % tlen nochi' kechikistok. Sek sepanohua' tlen omoh ixtokak hueltis kih pa'chos ih tlaxtlahuil tomin ihuan huetziyolmeh, kih yekchikahtok tekipanol tominyo' tlamitzin, oktepitzin ihuan hueyak kahuiltl, tlen kin mahka' kualtitokeh tlamanti' tlatōkakeh.

I. Introducción

Las plantaciones de hule son de clima tropical de rápido crecimiento, se caracterizan por su gran heterogeneidad que prosperan y se adaptan a diferentes zonas agroecológicas y edafológicas, métodos de producción, así como de los factores productivos. Lo anterior se refleja e influye en la conducta del productor al desarrollar este cultivo (Olaya-Sánchez y Luengas-Sánchez, 2015).

De acuerdo con el Pablo-Mendoza (2023), el cultivo de hule (*Hevea brasiliensis*) es considerado como una alternativa de producción para las regiones del trópico húmedo. En México se tienen 29 919.90 ha de hule con una producción de 90 713.36 t; el estado de Veracruz contribuye con el 51.37 % de la superficie total establecida y el 64.99 % del total de la producción, por su parte, Chiapas con 20.14 %, Tabasco con 14.71 % y Oaxaca con 13.40 % de la superficie (SIAP, 2018). Para el caso de Veracruz, las principales regiones productoras

de hule (*Hevea brasiliensis*) son Uxpanapa con 5422 ha, Las Choapas 3630 ha, Hidalgotitlán 2394 ha y Tezonapa con 1300 ha.

La producción de hule en el municipio de Tezonapa se remonta a un poco más de 80 años, la introducción de las primeras plantaciones se dio debido a que se estableció el primer beneficio de hule en la localidad El Palmarito, propiedad del Ing. Miguel Ángel Cordera (Martínez, 1986; Rojo-Martínez et al., 2005) en el Valle de Tezonapa; esta industria se abastecía de plantaciones de la misma empresa y de productores locales.

Generalmente, las unidades de producción de superficies pequeñas (menos de 1 hectárea), tienen un nivel tecnológico bajo, además de problemas de importancia productiva como la presencia de plagas y enfermedades (Martínez et al., 2021). Los productores agrícolas no valoran usualmente los costos que no desembolsan dentro de la rentabilidad de su producto, ya que solo tienen conciencia de los costos que implican un flujo de efectivo tangible en su producción (Sagarnaga, Salas y Aguilar, 2018). Asimismo, un control adecuado en los costos de producción refleja un parámetro de eficiencia dentro de la plantación o sistema de producción (Vargas et al., 2016), pudiendo obtener la rentabilidad, la viabilidad económica y financiera dentro de las mismas (Domínguez-García et al., 2017).

II. Materiales y métodos

El estudio se realizó en el año 2022 en el municipio de Tezonapa, que se encuentra ubicado en la zona centro del estado de Veracruz, en las coordenadas 18° 36' latitud norte y 96° 41' longitud oeste, a una altura de 220 msnm (SE-FIPLAN, 2018).

El objetivo del proyecto consistió en estimar los ingresos y costos de producción de hule en el municipio de Tezonapa, Veracruz, a través del método de paneles de costos de producción desarrollado por el Centro de Política Agrícola y de los Alimentos (AFPC) de la Universidad de Texas A&M, y adaptada para cuantificar ingresos y costos de producción agrícolas en México (Sagarnaga-Villegas, Salas-González y Aguilar-Ávila, 2018), se implementó con la presencia de ocho participantes, conocedores y expertos en el cultivo de hule (Salas-González et al., 2013). Las variables de análisis fueron los parámetros de inversión en el manejo agronómico del cultivo, la mano de obra, equipos, herramientas e insumos, precios y rendimientos del producto principal, secundarios y de desechos, además de apoyos gubernamentales y los ingresos por la venta de la producción (Domínguez-García et al., 2017).

Para ello, fue necesario el desarrollo de un panel de construcción de información y uno de validación, que requirió de un facilitador, un moderador, un relator y panelistas. Los costos se proyectaron y analizaron para una unidad representativa de producción (URP) en la que los expertos están de acuerdo con que representa (hipotéticamente) las características del sistema de productivo de la región.

III. Resultados y discusión

Manteniendo un control eficiente en el manejo del cultivo se realiza una inversión de alrededor de \$74 784.00 (Tabla 1) esto considera, tomando en cuenta los siete años del periodo preproductivo, y que la URP se estableció en una superficie baldía, se adquirió la plántula por cuenta del productor sin ningún tipo de apoyo o crédito. De los cuales los costos más representativos en la etapa de introducción de plantación fueron por conceptos de costo de plántula para la siembra, fertilización, limpieas a mano y ensayo de apertura de corte.

Tabla 1.

Costos de establecimiento y manejo de cultivo durante siete años antes de llegar a ser considerada productiva la plantación

Año	Concepto	Costo de la actividad	Costo por hectárea
1	Compra de plántula	\$19 460.00	\$43 721.00
2	Fertilizante	\$2000.00	\$9965.00
3	Fertilizante	\$2000.00	\$7540.00
4	Dos limpieas	\$3000.00	\$3890.00
5	Dos limpieas	\$3000.00	\$3000.00
6	Ensayo de apertura de corte	\$1668.00	\$4668.00
7	Dos limpieas	\$2000.00	\$3000.00
	Total		\$75 784.00

Fuente: Elaboración propia a partir de información de campo.

La Tabla 2 presenta cómo se encuentran distribuidos los costos de producción en la URP THL1. Uno de los costos más representativos es el de la comercialización del producto. Esto se debe a que el productor debe pagar una tarifa por sacar el producto de su plantación y llevarlo a un punto de venta establecido.

Tabla 2.*Costos totales presentes en la URP*

Concepto	Monto \$	Costos %	Costos totales %
A1. Costos de operación			
Insumos	416.00	5.29	
Mano de obra contratada	1500.00	19.07	
Herramientas	756.00	9.61	
Costo de comercialización	2850.00	36.23	
Costo de coagulante	868.80	11.04	
Cuidado de tablero de pica	1476.00	18.76	
Total, costos de operación	7866.80		26.18
A2. Costos Generales			
Depreciaciones	580	100	
Total, costos generales	580		1.93
A3. Costos de oportunidad			
Mano de obra del productor	21 600	100	
Total, costos de oportunidad	21 600		71.89
Costo total URP	30 046.80		

Fuente: Elaboración propia a partir de información de campo.

La Tabla 3 muestra el precio de equilibrio de la URP analizada. En donde el costo económico más probable ascendió a \$12.02, el costo financiero es de \$3.38, el costo de flujo de efectivo de \$3.15 por kg de hule. El escenario más probable se planteó con una producción de 500 kg más a la obtenida en la plantación la cual es de 2000 kg. Con un buen control y manejo de las plantaciones, así como la presencia de variedades con buenos rendimientos el costo disminuye.

Tabla 3.*Precio de equilibrio URP THL1*

Escenario	Económico	Financiero	Flujo de efectivo
Optimista	\$10.02	\$2.82	\$2.62
Más probable	\$12.02	\$3.38	\$3.15
Pesimista	\$21.46	\$6.03	\$5.62

Fuente: Elaboración propia a partir de información de campo.

La Tabla 4 presenta la relación beneficio costo en donde se aprecia que la URP THL1 es rentable ya que cubre su costo de producción y recibe un beneficio sobre su inversión. Estos resultados indican que la actividad asegura su permanencia en el tiempo, por lo que representa una alternativa económicamente viable para los productores.

Tabla 4.

Relación beneficio costo

Concepto	Económico	Financiero	Flujo de efectivo
Relación beneficio/costo	\$1.07	\$3.39	\$4.07

Fuente: elaboración propia a partir de información de campo.

En la Tabla 5 se muestra el precio de venta requerido para obtener ganancias bajo diferentes objetivos. Donde el precio de venta para obtener ganancias debe ser mayor a \$15.02. Y para cubrir los costos variables debe ser de \$3.93.

Tabla 5.

Precio de venta objetivo

Precios requeridos para:	Precio de venta
Obtener ganancias incluyendo retorno al riesgo mayor a:	\$15.02
Obtener ganancias incluyendo retorno sobre capital y cubrir todos los costos	\$15.02
Cubrir todas las obligaciones en efectivo, incluyendo costos fijos y variables, pagos a principal y retiros del productor	\$4.22
Cubrir costos fijos y variables, mano de obra del productor/familiar, gestión empresarial y "0" recuperación de depreciaciones, capital y riesgo	\$15.02
Cubrir costos desembolsados fijos y variables, mano de obra del productor/familiar, gestión empresarial y "0" recuperación de depreciaciones, capital y riesgo	\$3.93
Cubrir solo costos variables desembolsados (no debe producirse si el precio de mercado es inferior)	\$3.93
Precio de venta actual	\$16.00

Fuente: Elaboración propia a partir de información de campo.

La producción de hule permite a los productores autoemplearse y crear una ocupación laboral fija con beneficios económicos, lo que genera en ellos un arraigo a sus regiones de origen (Rojo-Martínez et al., 2005 y Vargas-Canales et al., 2016). Un desafío al cual los productores se enfrentan es a la etapa improductiva del cultivo que es alrededor de siete años, en el que el diámetro del tronco de los árboles crece para comenzar con su explotación. Desde la plantación

del cultivo hasta el comienzo de la extracción de la materia prima no se recibe algún ingreso, todo es dedicación y trabajo para desarrollar la plantación, en este tiempo se destinan recursos derivados de otras actividades agropecuarias de la zona en cuestión (Rojo-Martínez et al., 2005 e Izquierdo-Bautista et al., 2011).

Un nulo nivel de infraestructura presente en la URP actúa positivamente en la obtención de ganancias para el productor, lo que permite una condición de bienestar y sostén económico, para él y su familia. Vargas-Canales et al. (2016) mencionan en su estudio que el bajo nivel de infraestructura actúa de manera positiva en relación con el costo financiero.

Con los resultados obtenidos se prueba que la URP sí obtiene ganancias económicas y alcanza a cubrir sus costos de producción. El análisis de los datos indica que existe la rentabilidad, lo que garantiza la permanencia de la plantación en el largo plazo. Miragem et al. (1982) y Vargas-Canales et al. (2016) mencionan que las variables más importantes a la hora de plantear un análisis de este tipo son los rendimientos y el precio para la obtención de posibles escenarios.

Un aspecto importante relacionado con la productividad de las plantaciones recae en la variedad o clon, ya que la variedad dominante, en este caso el IAN 873, ha demostrado ser una buena opción en cuanto a rendimientos obtenidos. Aunque, como menciona Izquierdo-Bautista et al. (2011), el resultado de la productividad total está en función de la edad y diámetro medio en las plantaciones. Lo que quiere decir que es importante esperar a que los árboles tengan la edad y el tamaño de circunferencia idónea para comenzar con la extracción de hule.

Los resultados obtenidos revelan que el cultivo de hule en Tezonapa es rentable. Un punto importante y que la producción enfrenta es la incidencia de diferentes enfermedades o plagas, principalmente el pudrimiento mohoso (*Ceratocytis fimbriata*) gangrena rayada (*Phytophthora palmivora* bult) o el insecto denominado broca (*Hypothenemus hampei*), lo cual afecta el rendimiento y, por lo tanto, genera pérdidas económicas considerables al productor (Izquierdo-Bautista et al., 2011).

IV. Conclusiones

Bajo los enfoques de costos y beneficios económicos, financieros y flujo de efectivo, la actividad hulera resulta ser rentable; sin embargo, depende del precio de venta del producto final. La incertidumbre en los ingresos se genera por la fluctuación del valor de mercado, provocando generalmente que los precios tiendan a bajar. Por lo tanto, el precio se considera un factor clave que puede incidir en la permanencia del cultivo.

Una actividad que mitiga estos efectos negativos es la venta en madera de las plantaciones, con lo que obtienen un ingreso de manera inmediata y lo considera como un retorno en su inversión. Estos ingresos motivan a los campesinos a introducir otro cultivo, generando así un cambio de actividad productiva.

Finalmente, se concluye que las necesidades más relevantes de los productores son: a) contar con variedades más productivas y menos propensas a enfermedades o plagas y, b) capacitación y asistencia técnica que permitan una reconfiguración en los procesos de reproducción de árboles para garantizar calidad, rendimientos y mejores condiciones de acceso al mercado.

V. Bibliografía

- Domínguez-García, I. A., Granados-Sánchez, M. D. R., Sagarnaga-Villegas, L. M., Salas-González, J. M., & Aguilar-Ávila, J. (2017). Viabilidad económica y financiera de nopal tuna (*Opuntia ficus-indica*) en Nopaltepec Estado de México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(6), 1371-1382. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342017000601371
- Izquierdo-Bautista, H., Domínguez Domínguez, M., Martínez Zurimendi, P., Velásquez Martínez, A., y Córdova Avalos, V. (2011). *Problemática en los procesos de producción en las plantaciones de Hevea brasiliensis Muell Arg. en Tabasco México*, 14(2), 513-524. ISSN 1870-0462
- Martínez, C. F. (1986). *Las lecciones de historia*. In: *El Hule en México*. Ediciones Copilco S. A. pp:102-113.
- Martínez-L., A., Sagarnaga-Villegas, L. M., Salas-González, J. M., Aguilar-Ávila, J., Díaz-José, J., Castillo-Martínez, S. I., & García-Martínez, H. (2021). Costos de producción y rentabilidad del cultivo de café (*Coffea spp*) en el municipio de Tequila, Veracruz. Memoria Del IX Congreso Internacional y XXIII Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas. 5 al 8 de Octubre de 2021, 321–322.
- Miragem, S., Pietra, E., Fuentes, N., Nadal, F., Porteiro, J., Sánchez, B., & Vázquez, R. (1982). *Guía para la elaboración de proyectos de desarrollo agropecuario (IICA)*.
- Olaya-Sánchez, I. E., & Luengas-Sánchez, J. C. (2015). *Modelo de simulación para presupuestar el desempeño económico-financiero del cultivo del caucho (hevea brasiliensis muell)*. (Trabajo de grado). Universidad Santo Tomas de Aquino.
- Pablo-Mendoza, M. del C. (2023). *El cultivo de hule, alternativa para las regiones del trópico húmedo. Uso de planta injertada de clones recomendados*

- por del INIFAP. <https://www.gob.mx/inifap/articulos/el-cultivo-de-hule-alternativa-para-las-regiones-del-tropico-humedo>
- Rojó-Martínez, G. E., Jasso-Mata, J., Vargas-Hernández, J., Palma-López, D., J., Velasquez-Martínez, A. (2005). Análisis de la problemática de carácter técnico-económico del proceso productivo del hule en México. *Ra Ximhai: revista científica de sociedad, cultura y desarrollo sustentable*, 1(1), 81-110. Recuperado de <http://uaim.edu.mx/webraximhai/07.pdf>
- Sagarnaga-Villegas, L. M., Salas-González, J. M., y Aguilar-Ávila, J. (2018). *Metodología para estimar costos, ingresos y viabilidad financiera y económica en Unidades Representativas de Producción* (6th ed.). Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM-UACH). Serie: Metodologías y herramientas para la investigación.
- Salas-González, J. M., Sagarnaga-Villegas, L. M., Gómez-González, G., Leos-Rodríguez, J. A., & Peña-Sosa, O. (2013). Unidades representativas de producción de cereales. Panorama económico 2009-2014. Estado de Guanajuato. *Rev. Mex. Agron.*, 17(33), 483–494.
- SEFIPLAN. (2018). SISTEMA DE INFORMACIÓN MUNICIPAL. Tezonapa, Veracruz.: Secretaría de Finanzas y Planeación del Estado de Veracruz. Obtenido de <http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2018/05/Tezonapa.pdf>
- SIAP. (2018). *Hule hevea, productor de látex*. <https://www.gob.mx/siap/articulos/hule-hevea-productor-de-latex?idiom=es>
- Vargas-Canales, J. M., Palacios-Rangel, M. I., Acevedo-Peralta, A. I., & Leos-Rodríguez, J. A. (2016). Análisis de la rentabilidad en la producción de hule (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) en Oaxaca, México. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, 22(1), 45-58. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2015.02.005>

Capítulo 9

Efecto de tres alimentos comerciales en la ganancia de peso en corderos Dorper x Pelibuey

Effect of three commercial foods on weight gain in Dorper x Pelibuey lambs

Tlen panos ipan eyih tlakualmeh monemakakeh itech motlankih tomahuakyo' itech ichka' kokoneh Dorper x Pelibuey

Ricardo Huerta Castro¹ / Alejandro Llaguno Aguiñaga² / Emmanuel de J. Ramírez Rivera² / Gregorio Hernández Salinas² / Adan Cabal Prieto³ / Jasiel Valdivia Sánchez²

Autor de correspondencia: Jasiel Valdivia Sánchez / jasiel_ias@zongolica.tecnm.mx

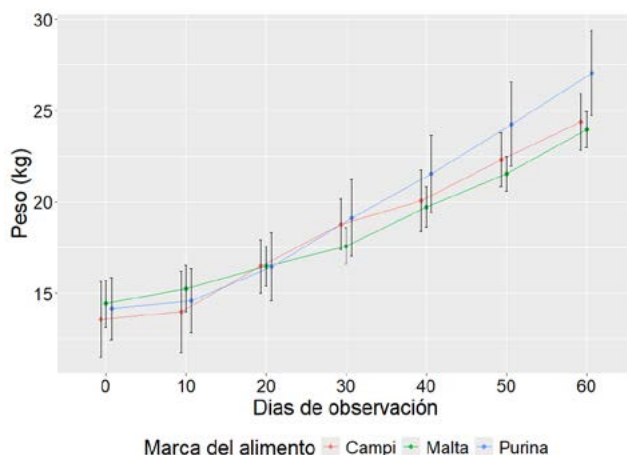
<https://doi.org/10.61728/AE20252748>



¹ Estudiante egresado de la carrera de Ingeniería en Innovación Agrícola Sustentable

² Innovación Agrícola Sustentable. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica, Km. 4 Carretera S/N Tepetitlanapa. 95005 Zongolica, Veracruz, México.

³ Maestría en Ingeniería. Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Huatusco. Av. 25 Poniente No. 100, Colonia Reserva Territorial 94106, Huatusco, Veracruz, México.



Resumen

Este estudio evaluó el efecto de tres alimentos comerciales en la ganancia de peso de ovinos cruzados Dorper y Pelibuey durante un periodo de 60 días de estabulación. La investigación se llevó a cabo en la comunidad de Naranjas-titla, Puebla, México, utilizando 12 corderos distribuidos en tres tratamientos, alimentados con marcas comerciales: Purina, Campi y Malta Cleyton. El diseño experimental fue completamente al azar con tres repeticiones por tratamiento. Las variables medidas incluyeron el peso de los corderos, registrado cada 10 días, y el consumo de alimento. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para identificar diferencias en la ganancia de peso entre tratamientos y sexos. Además, se realizó un análisis económico que consideró los costos del alimento, el costo de los corderos, y la relación beneficio/costo. Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas en la ganancia de peso entre los tres tratamientos. Los corderos alimentados con Purina alcanzaron un peso promedio final de 108.2 kg, mientras que los alimentados con Campi y Malta Cleyton alcanzaron 97.5 kg y 95.9 kg, respectivamente. El análisis económico reveló que, aunque el tratamiento con Purina tuvo el mayor costo, presentó la mejor relación costo/ beneficio (1.168), mientras que Campi y Malta Cleyton fueron opciones más económicas, pero con relaciones beneficio/costo ligeramente inferiores (1.130 y 1.141, respectivamente). Se concluye que los tres alimentos comerciales son viables para la engorda de ovinos, permitiendo una buena ganancia de peso y rentabilidad. Sin embargo, el productor debe considerar tanto el costo del alimento como el retorno económico esperado.

Abstract

This study evaluated the effect of three commercial feeds on the weight gain of crossbred Dorper and Pelibuey sheep during a 60-day feeding period. The research was conducted in the community of Naranjastitla, Puebla, Mexico, using 12 lambs distributed in three treatments, fed with commercial brands: Purina, Campi, and Malta Cleyton. The experimental design was completely randomized with three replicates per treatment. The measured variables included the weight of the lambs, recorded every 10 days, and feed consumption. An analysis of variance (ANOVA) was performed to identify differences in weight gain between treatments and sexes. Additionally, an economic analysis was carried out, considering the costs of feed, lamb purchase, and the cost benefit ratio. The results showed no significant differences in weight gain between the three treatments. Lambs fed with Purina reached an average final weight of 108.2 kg, while those fed with Campi and Malta Cleyton reached 97.5 kg and 95.9 kg, respectively. The economic analysis revealed that, although the Purina treatment had the highest cost, it presented the best cost-benefit ratio (1.168), while Campi and Malta Cleyton were more economical options but with slightly lower benefit/cost ratios (1.130 and 1.141, respectively). It is concluded that all three commercial feeds are viable for lamb fattening, allowing for good weight gain and profitability. However, producers should consider both the feed cost and the expected economic return.

Tlahtolsepanol

Inin tla'ikxitokalis okih tomachi' tlen okpanok itech eyih monemakak tlakualli', tlen kitlanah man moh tomahua' ichkameh tlen nelihtokeh Dorper ihuan Peli-buey ipan eyih poalli' tonalli' itech seh tlayehyēkol ichka' kolal. Tla'ikxitokalis omōchi' itech kaltepeyo' Narankastitlan, Puebla, Mexico, okintlanahuatihkeh mahtlaktli' ihuan omeh ichka' kokonē xehxelihtokeh itech eyih pa'yektlalilmeh, tlakualyetōkeh ikah tlayehyēkol tlanemakalis: Purina, Campi ihuan Malta Cleyton. Tlāchi'chihual yehyēkol omōchi' melahka tlātlahko' omōnantia' ikan eyih ohtli' omochi' ipan seh pahyektlalil. Tlatlamanti' tomachihualmeh noikih omōnankeh imētilla' ichka' kokoneh, omomachioti' ma' mahtlaktli' tonalli' ihuan ma'sehuil tlakualli'. Omōchi' seh tla'ikxitokallis machixmachtli' ANOVA pam-pa moh ixmatikskeh tlatlamanti' etik tlankeh intlahko' pahyektlalilmeh ihuan okichti' o' sihuameh ichkameh. Nohkia', omōchi' seh tla' ikxitokaktominyo' tlen okipo' kechi' tlakualli', kēkechi' ichka' kokoneh ihuan tlen itech kistok

kualikayotl/ kēchiyotl. Kisayolmeh okixpanti'keh ken ahmo' oyetok oktla-mankayotl ixnestok itech etik tlanil intlahko' pahyektlalilmeh. Ichka'kokoneh tlen okintlamakakeh ika' Purina okīpixkeh intlahko'etīya' tlamian 108.2 kg, man tlen okintlamaka'keh ika' Campi ihuan Malta Cleyton oahsik kipixkeh 97.5 kg ihuan 95.9 kg, sehseme'keh. Tla'ikxitokayotl tominyo' okixnexti' man pahyektlalil ika' Purina okīpixki' kexkichtlayakapan, oki'ixpanti' okachi' kualli' itech kistok kualikayotl/ kēchiyotl (1.168), man Campi ihuan Malta Cleyton oyākeh achtotikeh okachi' mach pātiokeh, nosoh ikah itechkistoskeh kualikayotl/ kēchiyotl, yamanki' kuetzitzin (1.130 ihuan 1.141, sehseme'keh). Ik moh tlamia' tlen eyin nemakak tlakualmeh kualmeh pampa moh tomahuaskeh ichkameh, kih ka'tokeh seh kualli' etik tlanal ihuan tominyo'. Man nosoh, ichkapixkik kih ihtas kexkich pohuas tlakualli' kemah kexkich moh kuepas tomin.

I. Introducción

En México, la producción ovina ha experimentado un crecimiento significativo, aumentando en aproximadamente un 16.7 % en la última década, (SIAP, 2024). A pesar de este crecimiento, la producción nacional de carne ovina no satisface la demanda interna, lo que ha generado una dependencia de importaciones, principalmente de países como Australia, Nueva Zelanda y, en menor proporción, Estados Unidos (Bobadilla-Soto et al., 2021). Esta situación ha impulsado la intensificación de sistemas de producción de ovinos, especialmente en el ámbito de la engorda, donde el uso de alimentos concentrados integrales ha mostrado ser una alternativa prometedora para incrementar la productividad del sector. La producción ovina representa una fuente importante de proteína animal, aportando el 8 % de la carne a nivel mundial. Además de la carne, los ovinos producen una amplia gama de subproductos como lana, piel y leche, siendo animales altamente adaptables y de fácil manejo, lo que los convierte en una opción viable para diferentes climas y condiciones agroecológicas (Avelaira, 1987; Figueredo, 2005). La carne ovina es especialmente valorada por su bajo contenido en grasa y su aceptación en el mercado, con un consumo tradicional en México principalmente en forma de barbacoa y mixiotes (Gómez, 2010). La intensificación de la producción ovina en México se ha orientado hacia sistemas de engorda bajo estabulación, donde se emplean dietas basadas en granos y alimentos concentrados. Diversas marcas comerciales como Purina, Campi y Malta Cleyton ofrecen productos balanceados que se utilizan para mejorar la ganancia de peso en los ovinos, variando en costos y composición nutricional (Marcena Gama et al., 2007). Sin embargo, es necesario evaluar de manera

comparativa la efectividad de estos alimentos para identificar cuál ofrece una mejor relación costo-beneficio en la producción de carne ovina. El presente estudio tiene como objetivo evaluar el efecto de tres alimentos comerciales en la ganancia de peso de ovinos de las razas Dorper y Pelibuey. A través de un diseño experimental completamente al azar, se pretende determinar cuál de estos productos promueve una mayor ganancia de peso y representa una opción más rentable para los productores en términos de eficiencia productiva y económica.

II. Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en la comunidad de Naranjastitla, en el municipio de Tlacotepec de Díaz, Puebla, México, a una altitud de 80 msnm. La región presenta un clima cálido-húmedo, característico de la zona según la clasificación climática del INEGI (INEGI, 2017).

Animales

Se utilizaron 12 corderos recién destetados de la raza Dorper con edades de cuatro meses. Los corderos fueron distribuidos equitativamente en tres corrales, cada uno con cuatro animales (dos machos y dos hembras), de manera que cada tratamiento contó con cuatro repeticiones. El peso promedio inicial de los animales osciló entre 13.5 kg y 14.5 kg al inicio del experimento. La unidad experimental consistió en un cordero.

Diseño experimental

El diseño experimental fue factorial 2x3 en una aleatorización completamente al azar. Los factores evaluados fueron: marca del alimento y sexo. Los niveles de los factores se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los factores y sus niveles a evaluar en el experimento.

Factor	Niveles de factor
Marca del alimento	Purina, Campi y Malta-Cleyton
Sexo de los corderos	Hembra y macho

Durante el periodo experimental, que duró 60 días, del 1 del marzo al 29 de abril de 2016. Se suministraron los alimentos dos veces al día (mañana y tarde), y los animales tuvieron acceso libre a agua limpia. El objetivo fue evaluar la ganancia de peso promedio de los corderos alimentados con las tres marcas comerciales.

Variables medidas

Las principales variables de respuesta incluyeron:

Peso: Se midió el peso de los corderos cada 10 días utilizando una báscula electrónica. El pesaje se realizó a las 7:00 a.m., antes de la administración de alimento para asegurar condiciones de ayuno.

Al final del experimento se calculó la diferencia de peso entre el inicio y el final del experimento y estos datos fueron los que se utilizaron para el análisis estadístico.

Consumo de alimento: Se registró el consumo diario de alimento para cada grupo, controlando la cantidad proporcionada y sobrante en cada corral. Este dato se utilizó para realizar un análisis económico.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar las diferencias en la ganancia de peso entre los tres tratamientos y entre sexos. El análisis se llevó a cabo utilizando un nivel de significancia del 95%, y los resultados fueron interpretados mediante la prueba de Tukey para comparaciones múltiples. Se buscó determinar si alguno de los alimentos comerciales promovía una mayor ganancia de peso en comparación con los demás.

Análisis económico

El análisis económico se realizó con el objetivo de evaluar la relación entre el costo del alimento y la ganancia de peso obtenida para cada tratamiento. Para ello, se consideraron los siguientes parámetros:

- **Costo de los alimentos:** Se registró el costo de cada alimento comercial por kilogramo, así como la cantidad total de alimento consumido por los corderos durante el experimento. Los costos por cada 160 kg de alimento fueron: Purina: \$1260.00, Malta Cleyton: \$1040.00 y Campi: \$1000.00.

- Costo de los corderos: Se registró el precio de compra de los corderos, que fue de \$35.00 por kilogramo de peso vivo. Los pesos iniciales promedio fueron:
- Relación beneficio/costo: Se calculó la relación beneficio/costo (B/C) para cada tratamiento utilizando los pesos finales obtenidos al final del periodo de engorda y el precio de venta estimado de \$35.00 por kilogramo de peso vivo. Esta relación refleja la rentabilidad de cada alimento comercial, considerando tanto el costo de adquisición de los corderos como el gasto en alimento.
- Ganancia total de peso: Se calculó la ganancia total de peso por tratamiento y por cordero, comparando los pesos iniciales y finales de cada tratamiento. También se evaluó el costo por kilogramo de peso ganado, determinando la inversión necesaria para obtener cada kilogramo adicional de peso vivo.

Este análisis permitió determinar cuál de los tres alimentos comerciales ofrecía la mejor relación beneficio/costo y cuál presentaba la mayor rentabilidad en términos de ganancia de peso en los corderos.

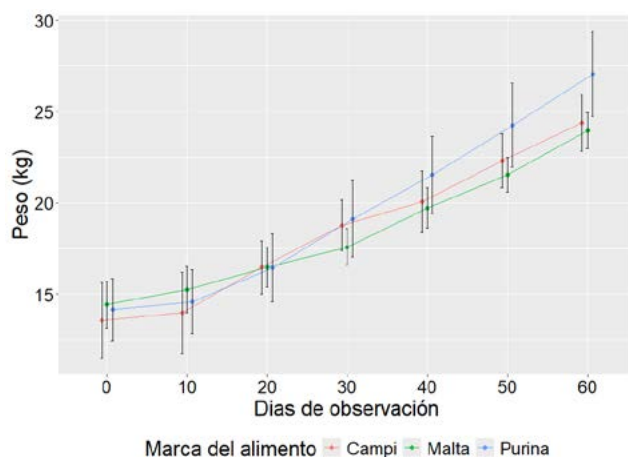
III. Resultados y discusión

Ganancia de peso

En la Figura 1 se observa la dinámica de incremento de peso de los borregos a lo largo del periodo de evaluación de 60 días. Desde el día 0, no hubo diferencia significativa en el peso de los corderos. La nula diferencia se mantuvo a lo largo de todo el periodo de evaluación.

Figura 1.

Dinámica del peso de corderos alimentados con tres alimentos comerciales durante el periodo de evaluación de 60 días

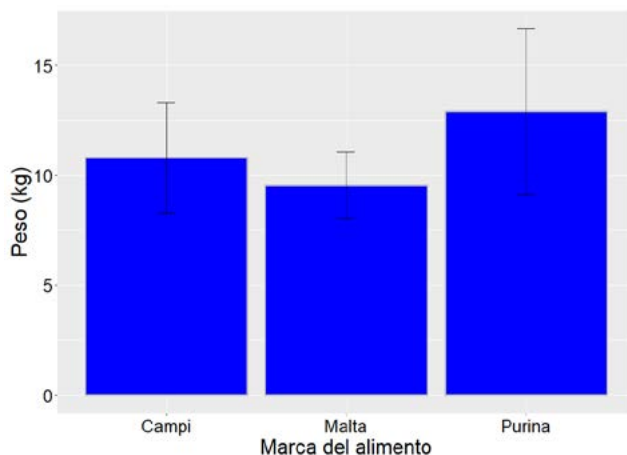


Al final del periodo de 60 días de estabulación, se evaluó la ganancia peso, es decir, la diferencia de peso final con respecto al inicial promedio de los corderos alimentados con los tres diferentes alimentos comerciales (Figura 2.). Los resultados no mostraron diferencias significativas en la ganancia de peso entre los grupos alimentados con Purina, Campi y Malta Cleyton. Los corderos alimentados con Purina alcanzaron un peso promedio final de 108.2 kg, mientras que los alimentados con Campi y Malta Cleyton alcanzaron 97.5 kg y 95.9 kg, respectivamente.

El análisis de varianza (ANOVA) no reveló diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, lo que indica que los tres alimentos comerciales evaluados promovieron una ganancia de peso similar en los corderos. Bárcena Gama et al. (2007) indican que el contenido proteico de los alimentos comerciales es un factor determinante en la ganancia de peso de los ovinos, aunque en este caso, las diferencias en el contenido proteico entre las marcas evaluadas no fueron lo suficientemente grandes como para generar variaciones significativas en el rendimiento, por lo menos durante el periodo evaluado.

Figura 2.

Ganancia de peso de corderos alimentados con tres marcas comerciales durante el período de evaluación de 60 días



Además, el análisis de los datos por sexo tampoco mostró diferencias significativas en la ganancia de peso entre machos y hembras ($Pr > F = 0.718$). Esto sugiere que tanto los machos como las hembras reaccionaron de manera similar al consumo de los tres tipos de alimentos evaluados, lo que es consistente con estudios previos que han encontrado que la respuesta de machos y hembras al consumo de alimentos balanceados tiende a ser comparable en términos de ganancia de peso (González, 1979).

Análisis económico

El análisis económico evaluó el costo de los tres alimentos comerciales (Purina, Campi y Malta Cleyton) en relación con la ganancia de peso obtenida por los corderos durante el periodo de evaluación. Se consideraron los costos de adquisición de los corderos, el consumo total de alimento, y el precio de venta estimado por kilogramo de peso vivo, estos precios correspondieron a los vigentes en el año 2016.

Costos de inversión

En cuanto a los costos de los alimentos, el alimento Purina fue el más caro, con un costo de \$1260.00 por los 160 kg utilizados durante el experimento, mientras

que Malta Cleyton y Campi costaron \$1040.00 y \$1000.00 respectivamente (Tabla 2). El costo de adquisición de los corderos también se consideró, con un precio de \$35.00 por kilogramo de peso vivo, y el peso inicial de los corderos varió ligeramente entre los tratamientos.

Tabla 2.

Costos de inversión inicial (alimento y corderos)

Tratamiento	Cantidad de alimento (kg)	Costo del alimento (\$)	Peso inicial (kg)	Costo por cordero (\$)	Total inversión (\$)
Purina	160	1260	56.6	1981	3241
Campi	160	1000	57.7	2019	3019
Malta Cleyton	160	1040	54.3	1900	2940

Peso final y relación beneficio/costo

Al final del periodo de evaluación, los corderos alimentados con Purina alcanzaron el mayor peso final (108.2 kg), seguidos por Campi (97.5 kg) y Malta Cleyton (95.9 kg). A pesar de que el tratamiento con Purina tuvo el mayor costo inicial, también presentó la mejor relación beneficio/costo (1.168), mientras que los tratamientos con Campi y Malta Cleyton resultaron más económicos, pero con relaciones beneficio/costo ligeramente inferiores (1.130 y 1.141, respectivamente) (Tabla 3).

Tabla 3.

Ganancia de peso final y relación beneficio/costo

Tratamiento	Peso final (kg)	Costo total (\$)	Valor de venta (\$)	Relación beneficio/costo
Purina	108.2	3241	3787	1.168
Campi	97.5	3019	3412	1.13
Malta Cleyton	95.9	2940	3356	1.141

Costo por kilogramo de peso ganado

El costo de inversión por kilogramo de peso ganado fue calculado dividiendo el costo total del alimento por la ganancia total de peso obtenida en cada tratamiento. El alimento Campi mostró el menor costo por kilogramo de peso

ganado (\$21.00), mientras que Purina, a pesar de ser el más caro, tuvo un costo por kilogramo ganado de \$24.40. Malta Cleyton se ubicó en una posición más costosa, con un costo de \$25.00 por kilogramo ganado (Tabla 4).

Tabla 4.

Costo de inversión por kilogramo de peso ganado

Tratamiento	Ganancia de peso (kg)	Costo de alimento total (\$)	Costo por kg ganado (\$)
Purina	51.6	1260.00	24.4
Campi	39.8	1000.00	21
Malta Cleyton	41.6	1040.00	25

Implicaciones productivas

Aunque no se encontraron diferencias significativas en la ganancia de peso, es importante considerar el costo de producción. El alimento Purina, a pesar de ser el más caro, permitió una mejor relación beneficio/costo, lo que podría ser relevante para los productores que buscan maximizar su retorno de inversión en el engorde de ovinos. Sin embargo, los alimentos Campi y Malta Cleyton ofrecen alternativas más económicas sin comprometer significativamente la ganancia de peso de los animales.

En este contexto, los resultados sugieren que los tres alimentos comerciales son viables para su uso en la producción ovina intensiva, lo que coincide con las conclusiones de otros estudios que han evaluado la efectividad de los alimentos comerciales en la engorda de ovinos en estabulación (Sarmiento-Franco et al., 2015).

IV. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos, se concluye que no existen diferencias significativas en la ganancia de peso entre los corderos alimentados con los tres tipos de alimentos comerciales (Purina, Campi y Malta Cleyton). Todos los tratamientos promovieron un incremento de peso similar en corderos durante el periodo de 60 días de estabulación. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, que establece que no hay diferencias en la ganancia de peso en función del alimento comercial utilizado.

Además, no se observaron diferencias significativas en la ganancia de peso entre machos y hembras, lo que sugiere que ambos sexos responden de manera similar al consumo de estos alimentos bajo las condiciones del experimento.

El tratamiento con Purina mostró una mayor ganancia de peso, pero con un costo de alimento más elevado. Aunque Campi fue el tratamiento más económico, la diferencia en la ganancia de peso no fue suficiente para superar la relación beneficio/costo de Purina. Malta Cleyton, fue el más costoso, aunque también demostró ser una opción rentable para los productores de ovinos. Estos resultados sugieren que los tres alimentos comerciales evaluados son viables, pero el productor debe balancear entre el costo del alimento y el rendimiento productivo esperado.

En conclusión, el uso de cualquiera de los tres alimentos comerciales evaluados es factible para la engorda de ovinos, permitiendo obtener buenos resultados en términos de ganancia de peso y rentabilidad. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos sobre la efectividad de los alimentos balanceados en sistemas de producción ovina intensiva, destacando la importancia de considerar tanto el costo del alimento como el retorno económico en la toma de decisiones productiva.

V. Bibliografía

- Avelaira, J. (1987). Producción de ovinos en el trópico. *Revista Ganadera Tropical*.
- Bárcena Gama, R., Mejía Delgadillo, M. A., Plata Pérez, F. X., Ramírez Mella, M., Mendoza Martínez, G. D., & Lee Rangel, H. (2007). Evaluación de alimentos integrales para el engorde intensivo de ovinos. *Revista Científica*.
- Barrera, J. (2004). Evaluación de alimentos con mayor concentración proteica. *Revista de Producción Animal*.
- Bobadilla-Soto, E., Ochoa-Ambriz, F., & Peña, M. (2021). Dinámica de la producción y consumo de carne ovina en México 1970 a 2019. *Agronomía Mesoamericana*, 32, 963-982. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.44473>
- Cochran, W.G., & Cox, G.M. (1957). *Experimental Designs* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Figueredo, L. (2005). Los ovinos en la producción ganadera. *Revista Electrónica de Veterinaria*, VI(9).
- Gómez, M. J. (2010). *Carne ovina: nuevas opciones de mercado en México. Seminario producción y mercado de la carne ovina*. Agro Comercio y Servicios S.A. de C.V.

- González, E. (1979). *Aprovechamiento del contenido rumial en ovinos*. Tesis profesional. Universidad de Guadalajara.
- INEGI. (2017). *Mapa digital de México*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- Marcena Gama, R., Mejía Delgadillo, M. A., Plata Pérez, F. X., Ramírez Mella, M., Mendoza Martínez, G. D., & Lee Rangel, H. (2007). Evaluación de alimentos integrales para el engorde intensivo de ovinos. *Revista Científica*.
- Sarmiento-Franco, L. A., Cámara-Sarmiento, R., Aguilar-Caballero, A. J., Wurzinger, M., & Muñoz-Osorio, G. A. (2015). Descripción de los sistemas intensivos de engorda de corderos en Yucatán, México. *Nova Scientia*, 7, 207-226.
- SIAP. (2024). *Anuario Estadístico de la Producción Ganadera*. https://nube.siap.gob.mx/cierre_pecuario/ [consultado el 6 de diciembre de 2024.]

Semblanza de coordinadores



Emmanuel de Jesús Ramírez Rivera

Doctor en ciencias en Agroecosistemas Tropicales, maestro en Ciencias en Alimentos e Ingeniero Bioquímico Realizó una estancia postdoctoral en el Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco (CIATEJ) Subsede Sureste. Es profesor Titular A del TecNM Campus Zongolica. Su línea de investigación es agroecosistemas y evaluación sensorial. Tiene las distinciones del Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores en Nivel 1, Perfil Deseable de PRODEP, miembro del Padrón Veracruzano de Investigadores y miembro del Núcleo Básico de la maestría en Desarrollo Regional y Tecnológico reconocida por el Sistema Nacional de Posgrados de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) Es autor de más 60 artículos publicados, editor de dos libros y múltiples participaciones en congresos nacionales e internacionales. Responsable de proyectos financiados del TecNM y Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico (COVEICYDET). Evaluador de proyectos del SECIHTI, COVEICYDET y árbitro de artículos de revistas del Elsevier, MDPI, CONAHCYT, entre otras.



Gregorio Hernández Salinas

Doctor y maestro en Ciencias en Agroecosistemas Tropicales y licenciado en Biología. Es profesor-investigador del Tecnológico Nacional de México Campus Zongolica. Líder del Cuerpo Académico Innovación Agroalimentaria Sustentable y Recursos Naturales (ITESZOCA 09) y presidente de la Academia en Innovación Agrícola Sustentable del TecNM Campus Zongolica. Tiene el reconocimiento de Perfil Deseable de PRODEP, pertenece al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores Nivel 1 de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI). Miembro del Padrón Veracruzano de Investigadores y del Núcleo Básico de la maestría en Desarrollo Regional y Tecnológico reconocida por el Sistema Nacional de Posgrados del SECIHTI. Es autor de más de 35 artículos publicados, un libro y múltiples participaciones en congresos nacionales e internacionales. Es responsable técnico de proyectos financiados por el TecNM y el Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico. (COVEICYDET). Imparte cursos sobre escritura de artículos científicos y metodología en la investigación científica en el INDEHUS. También es evaluador de proyectos del SECIHTI, COVEICYDET y árbitro de artículos de revistas Springer, Plos-One y SECIHTI.



Jorge Armida Lozano

Maestro en ciencias en Ingeniería Industrial por el Instituto Tecnológico de Querétaro. Actualmente, es jefe de la ingeniería de Innovación Agrícola Sustentable del Tecnológico Nacional de México Campus Zongolica, donde ha dirigido y coordinado la formación de nuevos profesionales en el campo de la agricultura sustentable. Además, ha sido líder en proyectos de investigación aplicada que abordan temáticas relevantes como la seguridad alimentaria y la preservación de maíces nativos de las altas montañas de Veracruz, temas en los que ha logrado importantes publicaciones. Sus distinciones más notables, se incluyen su perfil deseable PRODEP y Coordinador del Campus Tezonapa del TecNM Campus Zongolica. Ha participado en la evaluación y acreditación de programas educativos y publicaciones científicas. Ha colaborado en investigaciones de impacto referente al agroecosistema de maíz nativo y ha participado en numerosos congresos nacionales e internacionales.



Adán Cabal Prieto

Doctor en Ciencias en Agroecosistemas Tropicales por el Colegio de Postgraduados, maestro en Ciencias en Enseñanza de las Ciencias por el Centro Interdisciplinario de Investigación y Docencia en Educación Técnica (TecNM) e Ingeniero Agrónomo por la Universidad Autónoma Chapingo. Actualmente, se desempeña como profesor Titular A en el TecNM, Campus Huatusco. Sus líneas de investigación son: a) Ciencia y Tecnología de Alimentos, y b) Desarrollo de Tecnología e Innovación. Entre sus distinciones destacan su pertenencia al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores de la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI) nivel candidato. Es Perfil Deseable de PRODEP, miembro del Padrón Veracruzano de Investigadores y miembro del Núcleo Académico Básico de la Maestría en Ingeniería del TecNM Campus Huatusco. Tiene diversos capítulos de libros y más 30 artículos científicos y de divulgación publicados en revistas JCR y del SECIHTI. También ha participado en numerosos congresos nacionales e internacionales. Asimismo, es evaluador de proyectos para SECIHTI y COVEICYDET, así como árbitro de artículos científicos.



Juan Cristóbal Hernández Arzaba

Doctor en Ciencias en Agroecosistemas Tropicales por el Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz; maestro en Ingeniería con especialidad en Sistemas de Calidad y Productividad del Tecnológico de Monterrey; y Licenciado en Administración y Dirección de Empresas, Universidad Anáhuac de Xalapa. Durante su doctorado realizó las siguientes estancias: Thailand International Cooperation Agency, TICA y Maejo University certificate: “Sufficiency Economy: Learning Organic Agriculture by Doing”, International Training and Education Center, Chiang Mai, Tailandia; The Cochran Fellowship Program. Certificate in Aquaculture. United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service, EW Shell Fisheries Research Station Auburn University, Auburn, AL, U.S.; Economic and Finance PhD Internship, Portsmouth Business School, University of Portsmouth, Inglaterra, Reino Unido. Es Investigador del Colegio de Postgraduados, Campus Córdoba, miembro del núcleo académico del Postgrado en Innovación Agroalimentaria Sustentable (IAS) e integrante de la Línea de Generación y/o Aplicación del Conocimiento LGAC-3: Comercialización y Competitividad Agroalimentaria con Responsabilidad Social y Ambiental (CARSA). Pertenece al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores (SNII) desde el año 2019, actualmente Nivel 1. Ha publicado artículos referentes a productos agroalimentarios con valor agregado; economía circular; acuicultura; stakeholders; cadena de valor, clusterización, aprovechamiento de subproductos con presencia en el Noroeste, Bajío y Sureste de México y en conjunto con investigadores nacionales e internacionales.

*Tendencias actuales de investigaciones interdisciplinarias
en agricultura sustentable.*

Se terminó de editar en junio de 2025
en los talleres de Astra Ediciones

Av. Acueducto No. 829

Colonia Santa Margarita, C. P. 45140

Zapopan, Jalisco, México.

33 38 34 82 36

E-mail: edicion@astraeditorial.com.mx

www.astraeditorialshop.com

Este libro, titulado *Tendencias actuales de investigaciones interdisciplinarias en agricultura sustentable*, constituye un aporte significativo en esta búsqueda. A lo largo de sus cuatro secciones y nueve capítulos, se presentan estudios que reflejan el potencial transformador de la investigación interdisciplinaria, abordando los sistemas agrícolas desde una perspectiva holística.

Uno de los principales aportes de esta obra radica en su capacidad para integrar dimensiones sociales, ambientales y económicas, permitiendo así una comprensión más completa de los desafíos y oportunidades que enfrentan los sistemas agrícolas.

El valor de esta obra trasciende el ámbito académico. Su contenido está dirigido a un público diverso que incluye investigadores, estudiantes, tomadores de decisiones y agricultores, quienes encontrarán en estas páginas herramientas conceptuales y prácticas para impulsar el desarrollo de sistemas agrícolas más resilientes.

En un momento histórico donde los retos de la agricultura demandan una respuesta global, esta obra se erige como un compendio inspirador y necesario. Confiamos en que su lectura motive nuevas iniciativas, impulse la colaboración interdisciplinaria y, sobre todo, inspire el compromiso colectivo hacia la construcción de un futuro agrícola más sustentable, equitativo y prometedor para toda la humanidad.

M.C. Jorge Armida Lozano

ISBN: 978-607-8964-18-5



9 786078 196418 5



Consulta y descarga



INSTITUTO
TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE ZONGOLICA



Colegio de
Postgraduados