



AVANCE TECNOLÓGICO

Cultura, conocimiento y divulgación

36

 **UIEPA**
UNIVERSIDAD INTERSERRANA

EDICIÓN SEMESTRAL JULIO-DICIEMBRE 2025
ISSN: 2594-1089



Año 18, No. 36, julio – diciembre 2025,
México, Tecnológico Nacional de México, In-
stituto Tecnológico Superior de Libres, ISSN:
2594-108

INFORMACIÓN LEGAL

Avance Tecnológico, año 17, No. 34, julio-diciembre 2024. Es una publicación semestral editada por el Instituto Tecnológico Superior de Libres, Camino Real S/N, Barrio de Tetela, Libres, Puebla, C.P. 73780, Tel. (276) 4730828.
www.libres.tecnm.mx
avancetecnologico@libres.tecnm.mx

Reserva de Derechos al uso exclusivo: 04-2017-081513312100-203, y con ISSN 2594-1089 aprobado por el Instituto Nacional de Derecho de Autor. Los artículos presentados expresan la opinión de sus autores y no representan forzosamente el punto de vista del Instituto Tecnológico Superior de Libres.

DIRECTORIO

C. Manuel Viveros Narciso
Secretario de Educación Pública

C. Gonzalo Amador Juárez Uribe
Subsecretario de Educación Superior

Mtro. Jorge Alfonso Martagón Mirón
Dirección General

Dr. Misael Mundo Coxca
Presidente del Consejo

Dr. José Claudio Bernal Alzate
Consejero de Contenido y Redacción

Mtra. Janin Berenice Galicia Martínez
Edición y Diseño de Publicación

ÍNDICE

3. Editorial

4. Aislamiento y caracterización espectroscópica del exoesqueleto de camarón mediante FTIR.

10. Sensores digitales para mejorar suelos agrícolas: el caso del cultivo de amaranto (*Amaranthus spp.*) en Tierra Blanca, Veracruz.

17 Extracción de antioxidantes y polifenoles de *Randia monantha* en extractos alcohólicos.

25. Rescate de fauna silvestre durante la construcción del puente Nichupté, Cancún, México.

28. Evaluación físicoquímica de carne de gallina Rhode island red alimentada con dieta convencional y alternativa complementada con verduras y ajo-cebolla.

31. Selenometionina: clave en la respuesta génico-reproductiva de folículos preovulatorios de ovejas.

39. Diseño de bioempaquetado de almidón de maíz (*Zea mays*) para su aplicación en la industria alimentaria.

45. Caracterización fitoquímica del frijol ayocote morado (*Phaseolus coccineus*): Ingrediente funcional en el desarrollo de nuevos productos.

49. Detección no invasiva de gestación en ovinos mediante análisis RGB de tiras reactivas.

54. Caracterización de la calidad de la manzana (*Malus doméstica*), cosecha 2024 del ITSSNP, para banco de datos.

62. Diseño y construcción de una surcadora adaptada a las condiciones del ejido de Eloxochitlán, Zacatlán, Puebla.

71. Valor agregado a las plantas medicinales para su comercialización: estudio de caso en el ITSLibres, Libres, Puebla.

77. Dulces y postres a base de maíz como apoyo a la iniciativa “Vida saludable en escuelas”.

81. El nicuatole: evaluación sensorial de un postre tradicional en Ahuacatlán, Puebla.

87. Conocimiento y prácticas sobre la pastilla de emergencia en universitarios de Ahuacatlán, Puebla.

90. Evaluación sensorial en café de especialidad (*Coffea arabica L.*) variedad Geisha.

94. Evaluación sensorial de atoles tradicionales a partir de masas fermentadas y no fermentadas.

99. Bio-Alert: detección de plagas y soluciones agroecológicas en cultivos y plantas de ornato.

109. Importancia de los cuidados inmediatos y mediatos al recién nacido en el área de expulsión.

EDITORIAL

El número 36 de la Revista Avance Tecnológico se presenta como una edición especial que consolida el trabajo académico colaborativo entre el **Instituto Tecnológico Superior de Libres (ITSLibres)** y la **Universidad Interserrana del Estado de Puebla Ahuacatlán (UIEPA)**, en el marco del V Congreso de Desarrollo Territorial: “*Gestión de la Innovación y Desarrollo Sostenible*”, organizado por la UIEPA. Esta edición reúne los trabajos en extenso derivados de dicho encuentro, configurándose como un espacio de difusión del conocimiento científico aplicado con enfoque territorial, social y ambiental.

El Congreso tuvo como propósito central propiciar el intercambio de saberes, experiencias y propuestas innovadoras orientadas a la atención de problemáticas reales de los territorios, particularmente en contextos rurales, agrícolas y productivos. A través de la participación de investigadoras, investigadores, docentes y estudiantes, se promovió una reflexión crítica sobre el papel de la innovación tecnológica, la sostenibilidad y la vinculación académica como ejes estratégicos para un desarrollo más equitativo e incluyente.

En este número, el público lector podrá encontrar una amplia diversidad temática que refleja la complejidad del desarrollo territorial contemporáneo. Se incluyen investigaciones en agricultura sustentable, agrobiotecnología y manejo de suelos, donde destacan el uso de sensores digitales, bioindicadores vegetales y tecnologías accesibles para el medio rural. Asimismo, se presentan estudios orientados a la valorización de recursos locales y residuos, como la obtención de biopolímeros a partir de subproductos pesqueros y el aprovechamiento de plantas medicinales mediante procesos de valor agregado.

La ciencia de los alimentos ocupa un lugar relevante, con trabajos que abordan alimentos tradicionales, evaluación sensorial, ingredientes funcionales, antioxidantes, polifenoles y materiales biodegradables, revalorizando productos emblemáticos como el maíz, el café, el frijol ayocote y la manzana. Estos estudios articulan la innovación tecnológica con la seguridad alimentaria, la identidad cultural y la sostenibilidad productiva.

De manera complementaria, se integran investigaciones en salud humana y animal, biomedicina, genética, reproducción, nutrición y cuidados neonatales, así como estudios sobre conservación de la biodiversidad, rescate de fauna y monitoreo ambiental en entornos urbanos, lo que reafirma el carácter transversal del desarrollo sostenible y la necesidad de abordarlo desde múltiples disciplinas.

Este número constituye un hito editorial para la revista y para el ITSLibres. Por primera vez, se logra concentrar en una sola edición la participación de más de 60 académicas y académicos, así como estudiantes, provenientes de 15 instituciones de educación superior y centros de investigación, distribuidos en siete estados de la República. Destaca la presencia conjunta de estudiantes en formación así como académicas y académicos consolidados, varios de ellos con perfil en el Sistema Nacional de Investigadores (SNII), lo que da cuenta del nivel de calidad, rigor y proyección que se impulsa en la investigación desarrollada desde el ITSLibres.

La sólida participación del Tecnológico Nacional de México, a través de sus campus en Libres, Tierra Blanca, Sierra Norte de Puebla y Teziutlán, junto con la activa colaboración de la UIEPA y de instituciones como el Colegio de Postgraduados, la UNAM, el IPN y la UAAAN, fortalece una red académica que trasciende regiones y disciplinas.

Con esta edición especial, Avance Tecnológico reafirma su vocación como espacio de encuentro interinstitucional, para académicos y estudiantes. En este espacio, la investigación aplicada, así como la innovación dialogan con el territorio, permitiendo la generación de conocimiento pertinente y socialmente comprometido para un futuro sostenible en México.

Aislamiento y caracterización espectroscópica del exoesqueleto de camarón mediante FTIR

G Avendaño Vásquez¹, EC Varela Santos^{2*}, KA Vargas García², K Bustos Ramírez², JR González Romero³.

4

Resumen: El exoesqueleto de camarón, subproducto abundante en la región costera de Veracruz, especialmente en el sistema lagunar de Alvarado, constituye una fuente relevante de quitina, biopolímero con amplias aplicaciones industriales. Sin embargo, su disposición inadecuada genera impactos ambientales negativos. Este estudio tuvo como objetivo aislar y caracterizar la quitina obtenida del exoesqueleto de camarón recolectado en la cuenca de Alvarado, mediante dos rutas de extracción: T(1) desmineralización, desproteínización, desacetilación y decoloración; y T(2) desproteínización, desmineralización, decoloración y desacetilación. Se compararon los rendimientos y se seleccionó la ruta más eficiente para caracterización estructural mediante espectroscopia FTIR. Ambas rutas permitieron obtener quitina, aunque la segunda mostró mayor eficiencia y menor tiempo de exposición a agentes químicos, favoreciendo la sostenibilidad del proceso. El análisis FTIR confirmó la presencia de bandas características del biopolímero, incluyendo amidas I y II, grupos hidroxilo y la base de Schiff característica del quitosano. La valorización de este residuo pesquero permite su transformación en insumo de alto valor, contribuyendo a modelos de economía circular, mitigación de impactos ambientales y generación de oportunidades económicas sostenibles para comunidades locales. La molécula obtenida presenta potencial para aplicaciones en agricultura, tratamiento de aguas, biomedicina y desarrollo de materiales biodegradables.

Palabras Clave

Biomateriales, caracterización, exoesqueleto de camarón, FTIR, quitosano.

Introducción

El aprovechamiento integral de subproductos marinos representa una estrategia clave para la

sostenibilidad en la industria alimentaria y el desarrollo de biomateriales funcionales. En particular, el exoesqueleto de camarón rico en quitina, proteínas y minerales ha despertado creciente interés por su potencial como fuente de biopolímeros con aplicaciones en sectores como la farmacéutica, la agricultura y la nanotecnología (Aranaz et al., 2009; Synowiecki & Al-Khateeb, 2003).

Este enfoque se alinea con los principios de la economía circular, que promueve la valorización de residuos agroindustriales mediante su reincorporación en cadenas productivas, reduciendo el impacto ambiental y fomentando la innovación sostenible (Geissdoerfer et al., 2017). La transformación del exoesqueleto de camarón en materiales funcionales representa una alternativa viable para cerrar ciclos de producción en la industria pesquera, contribuyendo a la bioeconomía local y al desarrollo de materiales que sirvan como materias primas para su transformación.

La caracterización espectroscópica mediante espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) permite identificar grupos funcionales presentes en los componentes del exoesqueleto, facilitando el análisis estructural y la evaluación de procesos de purificación. Esta técnica no destructiva ofrece información clave sobre la presencia de enlaces específicos, como amidas, hidroxilos y carbonilos, que definen la funcionalidad del material (Kumar et al., 2004; Rinaudo, 2006).

En este trabajo se presenta el aislamiento del exoesqueleto de camarón mediante métodos fisico-químicos, seguido de su caracterización espectroscópica por FTIR. El objetivo es identificar los principales grupos funcionales presentes y evaluar la eficiencia del proceso de extracción, como base para futuras aplicaciones en el diseño de materiales biodegradables y sistemas de liberación controlada, en concordancia con los principios de circularidad y sostenibilidad.

Metodología

La harina de camarón fue provista por el Instituto Tecnológico Superior de Alvarado, obtenida según la metodología propuesta por (Jiménez Gómez et al., 2024) Los reactivos a emplear son grado analítico.

Acondicionamiento de la muestra

La harina de camarón fue puesta en estufa de secado a 40°C por 24h para eliminar la humedad presente y luego fue almacenada en condiciones de desecador antes de su implementación. Aislamiento de quitosano. El quitosano fue aislado de la muestra de harina de camarón siguiendo el protocolo propuesto por Sun-Ok, 2004., siendo T1) Desmineralizado + Desproteínizado + Desacetilado + Decolorado., como prueba de rendimiento y T2) Desproteínizado + desmineralizado + decolorado + desacetilado, como control.

Caracterización fisicoquímica

La molécula aislada fue caracterizada determinando el % de humedad que se realizó de acuerdo a la norma mexicana NMX-F-428-1982, el % de cenizas de acuerdo al método AOAC 923.03, también se determinó % de nitrógeno por micro-Kjeldahl siguiendo la norma mexicana NOM-F-68-S-1980, así como el grado de desacetilación siguiendo la técnica descrita por (Ramírez et al., 2016), finalmente se determinó la solubilidad de acuerdo a la metodología de Sun-Ok, 2004.

Caracterización de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier

Para el análisis de FTIR se realizó utilizando un espectrómetro de infrarrojo con transformada de Fourier e interferómetro DYNASCAN, (Perkin Elmer, modelo Spectrum 100 serie 82085, Reino Unido). Los espectros se obtuvieron en una resolución de 16 scans, en el rango de 4000-400 cm⁻¹.

Resultados

Durante el proceso de extracción se observaron grandes pérdidas de materia principalmente en la desmineralización y desproteínización. Comparando los dos tratamientos desarrollados (**Figura 1**) se obtuvo que el tratamiento T1 presentó un rendimiento del 15.7%, mostrando una coloración tenue, se puede observar en la **Figura 1**. El tratamiento T2 presentó un rendimiento del 16%, mostrando una coloración más pigmentada que el T1; se considera que la diferencia de color es debido a que la decoloración se realizó antes que la desacetilación.

De acuerdo con Sun-Ok, 2004, el rendimiento reportado para quitosano extraído de caparazón de cangrejo oscila entre 16.7% y 18.8%. En este contexto, el rendimiento obtenido se considera satisfactorio, al encontrarse dentro del rango reportado en la literatura; por ello, se seleccionó para realizar las caracterizaciones posteriores.

Los datos correspondientes a la caracterización fisicoquímica del quitosano obtenido a partir de polvo de exoesqueleto de camarón se presentan en la **Tabla 1**. Observando un elevado porcentaje de cenizas (40.83%) significativamente superior al reportado por quienes indican un contenido de 0.71 en quitosano derivado del mismo origen (Hernández Cocoltzi et al., 2009) quienes registran un valor de 1.40%.

Según Ubaque Beltrán & Hernández Pedraza, 2018 este parámetro está influenciado por la presencia de impurezas minerales, como el calcio, lo cual concuerda con la naturaleza calcárea del exoesqueleto de camarón. Además, el contenido de cenizas no solo depende del origen del material, sino también de las condiciones específicas del proceso de extracción.

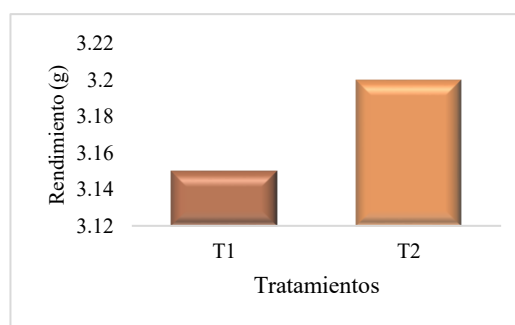


Figura 1. Rendimiento de quitosano de exoesqueleto de camarón.

En este caso, se sugiere que el elevado contenido de cenizas podría estar asociado a la viscosidad de la solución de NaOH utilizada, la cual favorece la retención de impurezas.

Respecto al contenido de nitrógeno, el quitosano obtenido presenta un valor de 2.84%, inferior al reportado por Sun-Ok, 2004 quien documenta un 6.91% en quitosano extraído de cangrejo de río. Esta diferencia se relaciona con la cantidad de proteína presente en el exoesqueleto de camarón, ya que las proteínas se encuentran unidas mediante enlaces covalentes que forman complejos estables con la quitina y el quitosano.

En la **Figura 2** se observa que el punto de inflexión inicial corresponde a 0 mL y el final a 20 mL, lo que permite calcular un grado de desacetilación del

83.88%. Este valor supera el reportado por Monter et al., (2016), quienes obtuvieron un contenido de 57.01%. Asimismo, Sun-Ok, 2004 señala que las muestras de cangrejo de río presentan grados de desacetilación entre 68% y 73%, con un promedio de 71%. Por lo tanto, el valor obtenido en este estudio se considera elevado en comparación con los antecedentes, lo que podría atribuirse a diferencias en la especie, el método de extracción o las condiciones de reacción empleadas.

Los valores de desacetilación del quitosano dependen no solo de la fuente biológica y el método de purificación empleado, sino también de los procedimientos analíticos utilizados, la preparación de la muestra y el tipo de instrumento, además de otras condiciones que pueden influir en el análisis.

En cuanto a la solubilidad, las muestras obtenidas a partir de exoesqueleto de camarón presentan un valor del 76%, mientras que Sun-Ok, 2004 reportan una solubilidad del 94.0% en quitosano extraído de cangrejo de río. Esta diferencia podría atribuirse a una eliminación incompleta de proteínas o a la presencia de impurezas residuales; en particular, el elevado contenido de cenizas parece afectar negativamente la solubilidad del producto.

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica del quitosano aislado.

Determinación	%
Humedad	16.33 ± 0.58
Cenizas	40.83 ± 2.20
Nitrógeno	2.84 ± 0.84
Grado de desacetilación	83.88 ± 0

La pureza del quitosano destinado a aplicaciones comerciales varía según el uso previsto y el mercado objetivo. No obstante, los resultados obtenidos en este estudio indican que el quitosano extraído aún contiene impurezas que comprometen su calidad, lo que sugiere la necesidad de optimizar los procesos de purificación para mejorar sus propiedades funcionales. En cuanto a la solubilidad, las muestras obtenidas a partir de exoesqueleto de camarón presentan un valor del 76%, mientras que Fernandez-Kim, 2004 reportan una solubilidad del 94.0% en quitosano extraído de cangrejo de río. Esta diferencia podría atribuirse a una eliminación incompleta de proteínas o a la presencia de impurezas residuales; en particular, el elevado contenido de cenizas parece afectar negativamente la solubilidad del producto.

La pureza del quitosano destinado a aplicaciones comerciales varía según el uso previsto y el mercado objetivo. No obstante, los resultados obtenidos en este estudio indican que el quitosano extraído aún contiene impurezas que comprometen su calidad, lo que sugiere la necesidad de optimizar los procesos de purificación para mejorar sus propiedades funcionales.

Por otra parte, los resultados obtenidos en cuanto a grado de desacetilación, solubilidad y contenido de cenizas sugieren la presencia de impurezas y una estructura parcialmente modificada del quitosano extraído. En este sentido, la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) permite corroborar estos hallazgos mediante la identificación de grupos funcionales característicos, ya que, se basa en una propiedad fundamental de los enlaces químicos dado que cada tipo de enlace vibra a una frecuencia específica, y esas vibraciones interactúan con la radiación infrarroja de manera única.

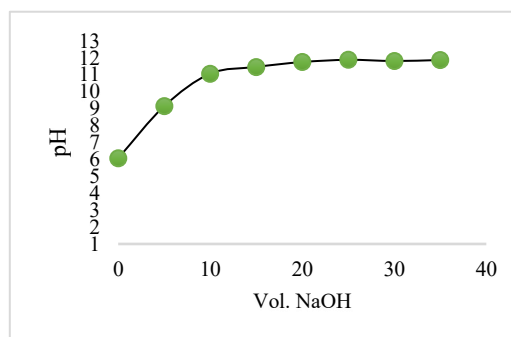


Figura 2. Titulación potenciométrica del quitosano de exoesqueleto de camarón.

Caracterización funcional

El espectro FTIR obtenido para el quitosano aislado del exoesqueleto de camarón (**Figura 3**) presenta bandas de absorción que permiten confirmar la transformación estructural de la quitina hacia quitosano, así como validar la eficacia del proceso de desacetilación aplicado.

La banda ancha en torno a 3300 cm⁻¹, atribuida al estiramiento de enlaces O–H y N–H, refleja la presencia de grupos hidroxilo y aminas primarias, propios del quitosano. Esta señal es indicativa de una estructura altamente polar, con capacidad de formar enlaces de hidrógeno, lo cual se vincula con su comportamiento higroscópico y su potencial para aplicaciones en sistemas de liberación, biofilms o adsorbentes.

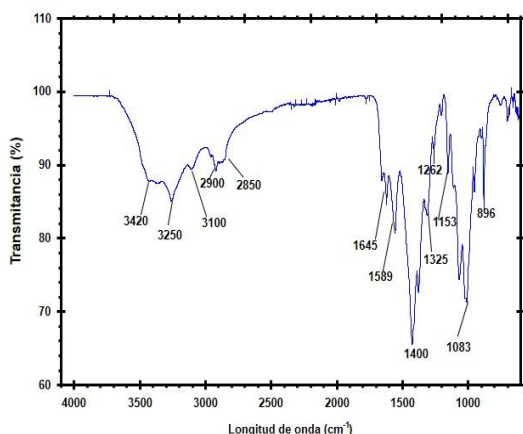


Figura 3. Espectro FTIR del quitosano aislado de exoesqueleto de camarón.

El espectro FTIR obtenido muestra un conjunto de bandas que permiten confirmar la transformación de quitina a quitosano, así como evaluar la presencia de grupos funcionales clave para su desempeño fisicoquímico.

Las bandas en 3420, 3250 y 3100 cm^{-1} corresponden al estiramiento de enlaces O–H y N–H, indicando una alta densidad de grupos polares. Esta señal es característica del quitosano y refleja su capacidad para formar puentes de hidrógeno, lo que se vincula directamente con su comportamiento higroscópico y su potencial de interacción con otras moléculas.

La banda en 1589 cm^{-1} se atribuye a la deformación de los grupos amino primarios (NH_2), confirmando la presencia de unidades de glucosamina libres tras el proceso de desacetilación. Su intensidad sugiere un grado de desacetilación elevado, lo cual concuerda con los resultados obtenidos por titulación ácido-base. Esta señal es clave para validar la funcionalidad del quitosano en aplicaciones donde la reactividad de los grupos amino es determinante.

Las bandas en 1400, 1325 y 1262 cm^{-1} refuerzan la presencia de vibraciones asociadas a grupos metileno (CH_2), C–N y posibles restos de acetilación, respectivamente. Así mismo, Esta señal a 1260 cm^{-1} se asignó como las vibraciones de flexión de los hidroxilos presentes en el quitosano (Song et al., 2013) Estas señales permiten evaluar la conservación estructural del polímero y descartar procesos de degradación significativa durante la extracción (Costa et al., 2012).

La banda en 1083 cm^{-1} , correspondiente al estiramiento de enlaces C–O–C y C–O, confirma la integridad del esqueleto glucosídico del quitosano, mientras que la señal en 896 cm^{-1} podría estar relacionada con vibraciones fuera del plano de anillos del polisacárido o impurezas minerales, en

concordancia con el alto contenido de cenizas reportado.

En conjunto, el espectro FTIR respalda la obtención de quitosano funcional a partir de cáscara de camarón, evidenciando una estructura parcialmente desacetilada, rica en grupos amino y con señales espectrales coherentes con la literatura. Estos resultados complementan los análisis fisicoquímicos previos y permiten proyectar su uso en aplicaciones sostenibles de valor agregado (Fernandes Queiroz et al., 2014).

Conclusiones

El análisis espectroscópico FTIR confirmó la obtención de quitosano funcional a partir de cáscara de camarón, evidenciando un alto grado de desacetilación mediante la presencia de grupos amino (NH_2) y enlaces O–H, junto con la conservación del esqueleto glucosídico. Las bandas identificadas validan la eficiencia del proceso de extracción y purificación, respaldando su potencial para aplicaciones sostenibles en áreas como agricultura, biomedicina y tratamiento de aguas, en concordancia con los principios de economía circular.

Referencias

- Costa, M. S. S. P., Costa, L. S., Cordeiro, S. L., Almeida-Lima, J., Dantas-Santos, N., Magalhães, K. D., Sabry, D. A., Albuquerque, I. R. L., Pereira, M. R., Leite, E. L., & Rocha, H. A. O. (2012). Evaluating the possible anticoagulant and antioxidant effects of sulfated polysaccharides from the tropical green alga *Caulerpa cupressoides* var. *flabellata*. *Journal of Applied Phycology*, 24(5), 1159–1167. <https://doi.org/10.1007/s10811-011-9745-5>
- Fernandes Queiroz, M., Melo, K., Sabry, D., Sassaki, G., & Rocha, H. (2014). Does the Use of Chitosan Contribute to Oxalate Kidney Stone Formation? *Marine Drugs*, 13(1), 141–158. <https://doi.org/10.3390/md13010141>
- Fernandez-Kim, S. (2004). *Physicochemical and Functional Properties of Crawfish Chitosan As Affected By Different Processing Protocols* [Louisiana State University and Agricultural & Mechanical College]. https://digitalcommons.lsu.edu/gradschool_theses/1338
- Hernández Cocolletzi, H., Águila Almanza, E., Flores Agustín, O., Viveros Nava, E. L., & Ramos Cassellis,

E. (2009). Obtención y caracterización de quitosano a partir de exoesqueletos de camarón. *Superficies y Vacío*, 22(3), 57–60. http://smcsyv.fis.cinvestav.mx/supyvac/22_3/SV2235709.pdf

Jiménez Gómez, G. del C., Martínez-Herrera, J., Martínez-Lara, L., & Avendaño-Vásquez, G. (2024). Physicochemical characterization of flour based on waste shrimp exoskeleton obtained by dehydration processes. *Agro Productividad*, 67–75. <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i6.2807>

Monter, J., Tirado, J., Zamudio, P., Rios, C., Ornelas, J., Salgado, R., Espinosa, V., & Hernández, F. (2016). EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS, MORFOLÓGICAS Y ESTRUCTURALES DE QUITINA Y QUITOSANO DE *Brachystola magna* (Girard). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 15, 749–761. <https://www.redalyc.org/pdf/620/62048168007.pdf>

Ramírez, C., Delgado, E., & Andrade, J. (2016). Determinación del grado de desacetilación de quitosana mediante titulación potenciométrica, FTIR y Raman. *Journal CIM*, 4(October), 769–776. https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Ramirez-108/publication/309493340_Determinacion_del_grado_de_desacetilacion_de_quitosana_mediante_titulacion_potenciometrica_FTIR_y_Raman/links/58138e0008ae90acb23b78c2/Determinacion-del-grado-de-desacetilacion-

Song, C., Yu, H., Zhang, M., Yang, Y., & Zhang, G. (2013). Physicochemical properties and antioxidant activity of chitosan from the blowfly *Chrysomya megacephala* larvae. *International Journal of Biological Macromolecules*, 60, 347–354. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.05.039>

Ubaque Beltrán, C. A., & Hernández Pedraza, S. M. (2018). *Extracción de Quitosano a partir de exoesqueleto de Camarón para elaborar recubrimientos para alimentos* (E. del S. N. de Aprendizaje (ed.); Primera). Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).

Agradecimientos

Agradecimiento al TecNM campus Tierra Blanca por las facilidades otorgadas para el desarrollo del proyecto de investigación, así como al ITS campus Alvarado por dotar la materia prima. Al SECIHTI por el apoyo para la estancia posdoctoral.

Currículo corto de los autores

Dra. Gilda Avendaño Vásquez, Doctora en Ciencias en Bioprocesos por la UASLP. Profesora-investigadora de tiempo completo en Ingeniería en Industrias Alimentarias y la Maestría en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología en el TecNM campus Tierra Blanca. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (nivel Candidato). Miembro del Padrón Veracruzano de Investigadores. Miembro de la Red Veracruzana de Mujeres dedicadas a la Ciencia, Tecnología e Innovación.

Dra. Elizabeth del Carmen Varela Santos. Doctora en Ciencias en Ingeniería Bioquímica por el Instituto Tecnológico de Durango. Profesora Investigadora adscrita a los programas de Ingeniería Ambiental y de la Maestría en Ciencias en Alimentos y Biotecnología del TecNM campus Tierra Blanca. Líder de la Líneas de investigación: Conservación y Aprovechamiento Integral de Alimentos. Líder del Cuerpo Académico: Tecnología de procesos alimentarios. Profesor con Perfil Deseable PRODEP, parte del SNII nivel 1. Actualmente coordinadora de la Maestría en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología.

Dra. Karen Aylin Vargas García, Doctora en Ciencias en Alimentos por el TecNM campus Veracruz. Actualmente adscrita como profesora de tiempo completo en los programas de Ingeniería Ambiental y de la Maestría en Ciencias en Alimentos y Biotecnología en el TecNM campus Tierra Blanca. Integrante del Cuerpo Académico de Tecnología de procesos Alimentarios. Se encuentra adscrita al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores en nivel I.

Dra. Karina Bustos Ramírez, Doctora en Ciencias Ambientales por la UAEMex. Actualmente adscrita como docente en los programas de la Maestría en Ciencias en Alimentos y Biotecnología y de la carrera de Ingeniería Ambiental en el TecNM campus Tierra Blanca, integrante del Cuerpo Académico Tecnología de procesos Alimentarios, miembro de la Red Veracruzana de mujeres dedicadas a la ciencia, tecnología e innovación y del Padrón Veracruzano de Investigadores.

ME. Juan René González Romero, Maestro en Electrónica por la UCV, Docente de la academia de Ingeniería Mecatrónica en el TecNM campus Tierra Blanca, miembro de la línea de investigación de “Automatización y control”, colaborador de la participación de eventos de robótica, asesor de proyectos de diversas indoles, reconocido como Perfil Deseable

Sensores digitales para mejorar suelos agrícolas: el caso del cultivo de amaranto (*Amaranthus spp.*) en Tierra Blanca, Veracruz.

G Avendaño Vásquez ¹, JR González Romero ^{2*}, G Díaz Rodríguez ², JM Lara Lozano ², LI. Elvira-Torales ⁴.

Resumen: La degradación del suelo agrícola en Tierra Blanca, Veracruz, causada por el manejo empírico de nutrientes, limita la productividad regional. Este estudio tuvo como objetivo detectar deficiencias nutricionales en el suelo utilizando como bioindicador el cultivo de quintonil (*Amaranthus spp.*), especie nativa de alto valor nutrimental. Se aplicó un sistema portátil de análisis fisicoquímico del suelo con sensores digitales para medir pH, humedad, conductividad eléctrica y macronutrientes (N, P, K) el cual fue diseñado en Arduino IDE. Los resultados indicaron pH elevado (9.48–12.14) y niveles bajos de nitrógeno: 0.00 mg/kg en traspatio, 4.00 mg/kg en invernadero y 8.80 mg/kg en sustrato inerte, lo que evidencia la necesidad de suplementación. Fósforo y potasio mostraron valores similares en invernadero y sustrato. Se concluye que el uso de tecnologías digitales facilita el diagnóstico edáfico en contextos rurales, promoviendo el manejo eficiente de recursos. *Amaranthus spp.* se perfila como alternativa agrobiotecnológica estratégica por su resistencia, bajo costo y aporte nutricional, contribuyendo al desarrollo territorial y a sistemas agrícolas más resilientes y sustentables.

Palabras Clave

Agrobiotecnología, bioindicadores, quintonil (*Amaranthus spp.*), seguridad, sostenible.

Introducción

La degradación de las tierras agrícolas es un problema global que representa una amenaza significativa para el crecimiento sostenible y el bienestar humano en muchos países (Shoshany et al., 2013). La magnitud y el alcance de la degradación de las tierras se ven afectados por procesos globales como el cambio climático, la desertificación, la urbanización y la intensificación de la producción agrícola debido al crecimiento demográfico. Para

contrarrestar el deterioro de las tierras agrícolas, es necesario mejorar los métodos de gestión y monitoreo de los recursos (Pratik et al., 2018).

La agricultura moderna en las próximas décadas enfrentará varios desafíos relacionados con el rápido aumento de la población mundial, el cambio climático, la necesidad de cultivos más sustentables y amigables con el medio ambiente y el crecimiento del interés por la alta calidad y seguridad de los alimentos por parte de productores y consumidores.

Para abordar estos problemas, será necesaria una gestión óptima de los recursos, en consonancia con métodos innovadores para aumentar el rendimiento de los cultivos y su resistencia a estreses bióticos y abióticos (Su et al., 2020).

En regiones como Veracruz, los suelos enfrentan desafíos como la compactación, pérdida de materia orgánica, salinidad y desequilibrios nutricionales, lo que limita el rendimiento de cultivos tradicionales y emergentes. La incorporación de innovaciones en la estructura productiva de una región representa un motor clave para el crecimiento económico. En el ámbito agrícola, estas innovaciones se traducen en tecnologías emergentes que optimizan las labores del campo y proporcionan información valiosa que facilita al productor una toma de decisiones más eficiente y fundamentada (Garizurieta Bernabe & García Sánchez, 2024).

Ante este panorama, el uso de **sensores digitales** ha revolucionado el manejo agronómico al permitir la medición en tiempo real de variables críticas como humedad, pH, conductividad eléctrica, temperatura y niveles de nutrientes. Estos dispositivos facilitan la toma de decisiones basadas en datos, optimizan el riego y la fertilización, y contribuyen a la regeneración del suelo mediante prácticas más eficientes y menos invasivas, es decir, la agricultura de precisión cubre múltiples prácticas relativas a la gestión de cultivos y cosechas, arboles, flores y plantas, ganado, etc. con el fin de detectar rápidamente situaciones adversas y desencadenar los tratamientos apropiados. Una de las principales ventajas del uso de esta tecnología radica en su

capacidad para detectar oportunamente las áreas afectadas y permitir la aplicación precisa de pesticidas, exclusivamente en las zonas donde realmente se requiere. Esta eficiencia resulta especialmente crucial en contextos donde los productores de distintos cultivos enfrentan limitaciones económicas o carecen de acceso directo a tecnologías avanzadas. Además de optimizar recursos y reducir costos, esta estrategia contribuye a minimizar el impacto ambiental y promueve una agricultura más sostenible y equitativa.

El quintonil, conocido científicamente como *Amaranthus spp.*, es una planta tradicional con alto valor nutrimental, destacada por su contenido en proteínas de alta calidad, fibra dietética, vitaminas del complejo B, calcio, hierro y antioxidantes. En el estado de Veracruz, su cultivo representa una oportunidad para revalorizar especies nativas dentro de sistemas agroecológicos sostenibles, especialmente en comunidades rurales donde el acceso a cultivos comerciales o tecnologías avanzadas es limitado (Barrera Guzman, 2025). Su adaptabilidad a condiciones climáticas diversas y su resistencia a suelos de baja fertilidad lo convierten en un candidato ideal para ensayos agronómicos con tecnologías de monitoreo, como el uso de sondas para evaluar parámetros edáficos. Estas herramientas permiten optimizar el manejo hídrico y fitosanitario, promoviendo una agricultura de precisión accesible y contextualizada (Silva-Sánchez et al., 2004).

Además, el quintonil forma parte del patrimonio alimentario mesoamericano, lo que refuerza su valor cultural y su potencial como eje de proyectos de soberanía alimentaria, nutrición comunitaria y economía circular.

Metodología

Se utilizaron para el hardware Arduino Mega ADK como unidad central de procesamiento y control., sensor multiparámetros del suelo para medir humedad, temperatura, pH, conductividad y nutrientes., PowerBank de 20 000 mAh para otorgar autonomía en campo a 12v, Pantalla TFT táctil de 3.5 pulgadas como interfaz gráfica de usuario para Arduino Mega, módulo RS-485 MAX485 como interfaz de comunicación acoplada a una carcasa diseñada a la medida e impresa en impresora 3D.

Programación de software

El módulo intangible se realizó en programación por bloques en Arduino IDE, dicha programación se hizo con código de acceso abierto.

Censo de suelo agrícola

Se procedió a la toma sistemática de muestras de suelo en tres condiciones diferenciadas: cultivos traspatio, sustrato inerte y ambientes controlados de invernadero. Esta estrategia permitió obtener datos comparativos sobre la disponibilidad de nutrientes y parámetros fisicoquímicos en distintos contextos de producción. Las muestras fueron posteriormente analizadas para evaluar su aplicabilidad en el cultivo de *Amarantus spp.*, con el objetivo de identificar condiciones óptimas de desarrollo y establecer recomendaciones agronómicas basadas en evidencia.

Resultados

El primer paso fue la configuración y calibración de la pantalla táctil LCD. En hardware, la pantalla proporcionaba la capacidad de mostrar gráficos y detectar toques, pero para que funcionara correctamente se requería mapear las coordenadas físicas con las coordenadas lógicas. Para esto se usaron los ejemplos de la librería MCFRIEND.h (Figura 1) los cuales permitieron identificar cómo respondía cada punto de la pantalla frente a un toque real.

El software ajustó las constantes de calibración, comparando los puntos de referencia esperados con los detectados, hasta que ambos coincidieran. De esta forma, cada interacción física en la pantalla se traducía en coordenadas confiables que el Arduino podía procesar para ejecutar acciones. Aquí se nota la relación hardware-software: el hardware de la pantalla generaba

```
#include <MCFRIEND_kbv.h>
#include <TouchScreen.h>

const int XP = 6, XN = A2, VP = A1, YN = 7;
const int TS_IZQUIERDA = 1000, TS_DERECHA = 80;
const int TS_SUPERIOR = 980, TS_INFERIOR = 120;

TouchScreen ts = TouchScreen(XP, VP, XN, YN, 300);
MCFRIEND_kbv tft;

void inicializarPantalla() {
  tft.begin(tft.readID());
  tft.setRotation(Orientation);
  tft.fillScreen(BLACK);
  mostrarPantallaBienvenida();
}

void loop() {
  tp = ts.getPoint();
  pinMode(XN, OUTPUT); // < devuelve pines a salida tras leer táctil
  pinMode(VP, OUTPUT);

  if (tp.x > PRESION_MINIMA && tp.z < PRESION_MAXIMA) {
    int x = map(tp.x, TS_IZQUIERDA, TS_DERECHA, 0, tft.width());
    int y = map(tp.y, TS_SUPERIOR, TS_INFERIOR, 0, tft.height());
    manejarToque(x, y); // < aquí el SW decide qué hacer con el toque
  }
}
```

Figura 1. Mapeo de coordenadas táctiles en Arduino usando MCFRIEND configuración y manejo de eventos.

señales, y el software les daba coherencia y sentido dentro del programa.

El proceso implementado fue

1. HW (pantalla) entrega crudos tp.x/tp.y/tp.z.

2. SW calibra con tus constantes (TS_*) y mapea a píxeles reales.
3. Luego la UI dispara acciones (menús, “Escanear”, etc.).

Comunicación con el sensor

Una vez calibrada la pantalla, se pasó a la prueba del sensor multiparámetro. Para que pudiera comunicarse con el Arduino, fue indispensable el módulo RS-485 MAX485, que actuaba como traductor entre la señal

diferencial del sensor y el estándar TTL del microcontrolador.

En este punto se utilizó un código mínimo de prueba, cuyo objetivo era confirmar que efectivamente llegaban datos del sensor al Arduino. A nivel de hardware, los cables se conectaron de la siguiente manera:

1. Café a positivo (VCC).
2. Negro a GND.
3. Amarillo y azul como líneas de datos A y B hacia el módulo RS-485.

En la **Figura 2** se establece el canal de comunicación para las lecturas del sensor.

De esta forma se asegura que el módulo RS-485 haga un puente eléctrico y entonces en el código se controla la dirección del bus con DE/RE, es decir en HW: puentea DE y RE al pin 31 para simplificar half-duplex y SW: preTransmisión/postTransmisión cambian el modo TX/RX antes y después de cada trama Modbus.

```
#include <ModbusMaster.h>

ModbusMaster nodo;
#define MAX485_DE 31
#define MAX485_RE 31 // DE y RE puenteados al mismo pin

void preTransmission() {
  digitalWrite(MAX485_RE, HIGH); // TX habilitado (RE deshabilita receptor)
  digitalWrite(MAX485_DE, HIGH);
}

void postTransmission() {
  digitalWrite(MAX485_RE, LOW); // RX habilitado
  digitalWrite(MAX485_DE, LOW);
}

void inicializarModbus() {
  pinMode(MAX485_RE, OUTPUT);
  pinMode(MAX485_DE, OUTPUT);
  digitalWrite(MAX485_RE, LOW);
  digitalWrite(MAX485_DE, LOW);

  Serial2.begin(4800); // UART hacia RS-485 (depende del sensor)
  nodo.begin(1, Serial2); // ID esclavo = 1
  nodo.preTransmission(preTransmission);
  nodo.postTransmission(postTransmission);
}
```

Figura2. Configuración de Modbus RTU en Arduino con MAX485 y ModbusMaster

Mapa de registros Modbus

Un aspecto clave fue el mapa de registros del sensor, pues cada parámetro de suelo correspondía a una dirección específica dentro de su memoria:

0x0000 → Humedad.

0x0001 → Temperatura.

0x0002 → Conductividad.

0x0003 → pH.

0x0004 → Nitrógeno.

0x0005 → Fósforo.

0x0006 → Potasio.

Este detalle fue crucial para la programación ya que, si se pedía el registro equivocado, la respuesta no tendría sentido o sería nula. El software debía consultar exactamente la dirección correcta para obtener un valor válido.

Funcionamiento del módulo RS-485 MAX

El módulo RS-485 contaba con pines específicos para coordinar la comunicación:

- DI (Data In): Transmisión desde Arduino hacia RS-485.
- RO (Receiver Out): Recepción desde RS-485 hacia Arduino.
- DE (Driver Enable): Habilita la transmisión.
- RE (Receiver Enable): Habilita la recepción (activo en bajo).
- A y B: Líneas diferenciales hacia el sensor.
- VCC y GND: Alimentación del módulo.

En el dispositivo La conexión entre el controlador y el módulo RS-485 se realizó de forma que la lógica de transmisión y recepción pudiera ser gestionada desde el programa, utilizando un esquema simplificado de control.

Una vez establecida la interfaz física, se integró una librería especializada para facilitar la comunicación entre el microcontrolador y el sensor multiparámetro, bajo el protocolo Modbus RTU. Este tipo de comunicación requiere que el dispositivo maestro inicie las solicitudes, permitiendo al sensor responder con datos que representan variables ambientales. El software se encargó de gestionar las consultas y traducir las respuestas en parámetros útiles para el análisis, evidenciando la sinergia entre el control lógico y la infraestructura electrónica

Evaluación in situ en muestras de cultivo de *Amarantus spp*

Las plantas absorben nutrientes en diferentes proporciones a lo largo de su ciclo de desarrollo. En términos generales, la tasa de absorción es baja al inicio del crecimiento, se incrementa durante el desarrollo de los frutos y disminuye poco antes de la cosecha. Además, cada nutriente presenta una dinámica particular de absorción según la etapa fenológica.

En este contexto, la actividad se centró en la recopilación sistemática de información generada durante la etapa de germinación y la fase final del ciclo del cultivo de quintonil, con el objetivo de evaluar su comportamiento fisiológico y determinar el tiempo requerido para completar la germinación.

En la **Figura 3** se muestra el resultado del análisis de suelo tras patio, se identificaron condiciones críticas que requieren atención inmediata para garantizar la sostenibilidad del sistema. El escaneo reveló una ausencia total de nitrógeno (0.00 mg/kg), lo cual sugiere un agotamiento del suelo y limita severamente el crecimiento vegetativo de los cultivos. Aunque el fósforo se encuentra en niveles aceptables (22.00 mg/kg), el potasio presenta una concentración baja (14.00 mg/kg), comprometiendo la resistencia de las plantas al estrés hídrico. La conductividad eléctrica es muy baja (0.14 dS/m), lo que indica escasa actividad iónica y posible deficiencia general de nutrientes. La temperatura (26.04 °C) y humedad (18.72 %) son adecuadas para el desarrollo de hortalizas, sin embargo, el pH extremadamente alcalino (11.28) representa un factor limitante grave, ya que inhibe la absorción de nutrientes esenciales como fósforo, hierro y manganeso. Estos resultados evidencian la necesidad de implementar estrategias correctivas como la



Figura 3. Resultados del escaneo de suelo mediante dispositivo portátil en sistema traspatio.

incorporación de materia orgánica, biofertilizantes y enmiendas acidificantes, además de establecer un monitoreo continuo que permita evaluar la evolución del suelo y su impacto en la productividad del sistema.

En la **Figura 4** se muestran los resultados del sustrato inerte, los resultados del escaneo revelan condiciones significativamente distintas respecto al suelo traspatio. Se registró una concentración moderada de nitrógeno (8.00 mg/kg), junto con niveles elevados de fósforo (67.40 mg/kg) y potasio (59.40 mg/kg), lo que indica una disponibilidad nutricional favorable para el establecimiento de cultivos como el *Amarantus spp*. La conductividad eléctrica (0.23 dS/m) se mantiene dentro de rangos adecuados, sin riesgo de salinización, mientras que la temperatura (25.72 °C) y humedad (79.88 %) favorecen la germinación y el desarrollo inicial. No obstante, el pH alcalino (9.48) podría limitar la absorción de ciertos micronutrientes, por lo que se recomendaría monitorear su evolución y considerar ajustes mediante soluciones acidificantes. Estos datos permiten caracterizar el sustrato como un medio potencialmente eficiente para cultivos en condiciones controladas, siempre que se mantenga un manejo técnico adecuado.



Figura 4. Resultados del escaneo de suelo mediante dispositivo portátil en sistema de sustrato inerte.

En el escaneo realizado sobre suelo de invernadero (**Figura 5**), se registraron niveles intermedios de nitrógeno (4.00 mg/kg), junto con concentraciones elevadas de fósforo (56.60 mg/kg) y potasio (48.50 mg/kg), lo que sugiere una buena disponibilidad de macronutrientes esenciales para el desarrollo de especies del género *Amaranthus spp.* La conductividad eléctrica (0.21 dS/m) se mantiene dentro de rangos adecuados, sin riesgo de salinidad, mientras que la temperatura (27.00 °C) y humedad (38.80 %) representan condiciones favorables para el crecimiento en ambientes controlados. No obstante, el pH extremadamente alcalino (12.14) constituye una limitante crítica, ya que puede interferir en la absorción de nutrientes como fósforo, hierro y zinc, incluso cuando están presentes en el sustrato. Estos resultados evidencian la necesidad de implementar estrategias correctivas específicas, como la incorporación de enmiendas acidificantes y el monitoreo continuo del pH, para garantizar la eficiencia agronómica del sistema bajo condiciones de invernadero.

El análisis de los tres sistemas de suelo revela contrastes significativos en la disponibilidad de nutrientes, condiciones fisicoquímicas y potencial agronómico para el cultivo de *Amaranthus spp.* El

suelo traspatio presenta las condiciones más limitantes, con una ausencia total de nitrógeno y bajos niveles de potasio, lo que compromete el crecimiento vegetativo y la resistencia al estrés hídrico. Además, su pH extremadamente alcalino (11.28) representa una barrera crítica para la absorción de nutrientes, a pesar de contar con una temperatura y humedad aceptables. Estos resultados sugieren un suelo agotado, posiblemente por uso continuo sin reposición adecuada de materia orgánica, lo que demanda estrategias de recuperación como compostaje, biofertilización y corrección del pH.

Por otro lado, el sustrato inerte muestra una disponibilidad nutricional mucho más favorable, con niveles elevados de fósforo y potasio, y una humedad óptima (79.88 %) que favorece la germinación. Aunque su pH (9.48) sigue siendo alcalino, es menos extremo que en el suelo traspatio o de invernadero, lo que lo posiciona como un medio viable para cultivos en condiciones controladas, siempre que se mantenga un monitoreo técnico y se apliquen enmiendas correctivas. Este tipo de sustrato puede ser particularmente útil en sistemas de producción intensiva o en proyectos educativos que requieran reproducibilidad y control de variables.



Figura 5. Resultados del escaneo de suelo mediante dispositivo portátil en sistema de invernadero.

Finalmente, el suelo de invernadero combina buena disponibilidad de macronutrientes con condiciones térmicas favorables, pero presenta el pH más elevado de los tres sistemas (12.14), lo que podría inhibir severamente la absorción de micronutrientes clave. Aunque la humedad (38.80 %) es adecuada, el manejo de este tipo de suelo requiere atención especializada para evitar desequilibrios nutricionales que afecten el rendimiento de *Amaranthus spp.* La ventaja del invernadero radica en su capacidad de control ambiental, lo que permite aplicar soluciones precisas y evaluar su impacto de forma sistemática. En conjunto, los resultados evidencian la importancia de considerar no solo la disponibilidad de nutrientes, sino también el equilibrio químico del suelo y su interacción con las condiciones ambientales. Desde una perspectiva agroecológica, se recomienda priorizar prácticas sostenibles como el uso de compost, rotación de cultivos, enmiendas naturales y monitoreo constante, integrando criterios de economía circular y educación científica aplicada.

Conclusiones

Estos hallazgos no solo aportan evidencia para la toma de decisiones agronómicas, sino que también ofrecen una oportunidad para integrar conceptos de bioquímica aplicada, sostenibilidad y economía circular e implementación de nuevas tecnologías en el diseño de dispositivos de fácil manejo y accesibles para el consumidor final. La caracterización de los suelos y su vinculación con el desarrollo de *Amaranthus spp.* permite fomentar la reflexión crítica sobre el manejo responsable de los recursos, el impacto de las prácticas agrícolas y la importancia de la ciencia en contextos locales. En este sentido, el estudio contribuye al fortalecimiento de competencias científicas, evaluativas y pedagógicas, alineadas con una visión de impacto social y académico.

Referencias

Barrera Guzman, F. (2025). *Qué es el quintonil, una hierba milenaria con mucha proteína*. <https://www.cocinadelirante.com/curiosidades/que-es-el-quintonil-una-hierba-milenaria-con-mucha-proteina>

Garizurieta Bernabe, J., & García Sánchez, E. (2024). Tecnificación del cultivo de maíz como estrategia para el desarrollo regional de Veracruz. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 21(3). <https://doi.org/10.22231/asyd.v21i3.1609>

Pratik, A. P., Sangram, V. B., Kunal, R. J., Digvijay, T. B., & J. Gurav, A. (2018). Prototype for automatically navigated water irrigation system. *The International Journal Of Engineering And Science*, 4(3), 2319 – 1805. <https://doi.org/10.15662/IJAREEIE.2016.0509033>

Shoshany, M., Goldshleger, N., & Chudnovsky, A. (2013). Monitoring of agricultural soil degradation by remote-sensing methods: A review. *International Journal of Remote Sensing*, 34(17), 6152–6181. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.793872>

Silva-Sánchez, C., Gonzalez-Castañeda, J., De Leon Rodríguez, A., & De la Rosa, A. P. B. (2004). Functional and Rheological Properties of Amaranth Albumins Extracted From Two Mexican Varieties. *Plant Foods for Human Nutrition*, 59(4), 169–174. <https://doi.org/10.1007/s11130-004-0021-6>

Su, W. H., Fennimore, S. A., & Slaughter, D. C. (2020). Development of a systemic crop signalling system for automated real-time plant care in vegetable crops. *Biosystems Engineering*, 193, 62–74. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2020.02.011>

Agradecimientos

Se expresa un agradecimiento especial al TecNM/ITS de Tierra Blanca por las facilidades otorgadas para el desarrollo del presente proyecto de investigación. Asimismo, se reconoce la valiosa colaboración de los productores de la región, quienes brindaron información clave, confianza y apertura para la transferencia de los conocimientos generados.

Currículo corto de los autores

Dra. Gilda Avendaño Vásquez

Doctora en Ciencias en Bioprocesos por la UASLP. Profesora-investigadora de tiempo completo en Ingeniería en Industrias Alimentarias y la Maestría en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología en el TecNM campus Tierra Blanca. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (nivel Candidato), Miembro del Padrón Veracruzano de Investigadores. Miembro de la Red Veracruzana de Mujeres dedicadas a la Ciencia, Tecnología e Innovación.

ME. Juan René González Romero

Maestro en Electrónica por la UCV, Docente de la academia de Ingeniería Mecatrónica en el TecNM campus Tierra Blanca, miembro de la línea de investigación de “Automatización y control”, colaborador de la participación de eventos de

robótica, asesor de proyectos de diversos indoles, reconocido como Perfil Deseable

Juan Miguel Lara Lozano

Estudiante de Ingeniería Mecatrónica en TecNM campus Tierra Blanca. Actualmente realiza su residencia profesional en la Comisión Federal de Electricidad (CFE), en el área de comunicaciones. Ha participado en iniciativas de innovación tecnológica en el ámbito agrícola y en proyectos de telecomunicaciones.

Dr. Gil Díaz Rodríguez

Maestro en Electrónica por la UCV, Doctorado en educación por la universidad CEAI, Docente-investigador de la Academia de Ingeniería Mecatrónica en el TecNM campus Tierra Blanca, colaborador en la participación de eventos de Robótica, miembro de SOLACYT, participando para obtener el perfil Deseable por el programa para el desarrollo Profesional Docente (PRODEP).

Dra. Laura Inés Elvira Torales

Doctorado en Tecnología de Alimentos, Nutrición y Bromatología por la Universidad de Murcia. Profesora-Investigadora de tiempo completo en Ingeniería en Industrias Alimentarias en el TecNM campus Tierra Blanca. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (nivel I). Miembro del Padrón Veracruzano de Investigadores. Miembro de la red “Bioingeniería de procesos sustentables y energías renovables. Perfil Deseable PRODEP.

Extracción de antioxidantes y polifenoles de *Randia monantha* en extractos alcohólicos

I. I. Sandoval García¹, K. A. Vargas García², G. Avendaño Vásquez^{2,3}, E. del C. Varela Santos².

Resumen: Diversos autores han mostrado que los extractos del fruto de crucetillo (*Randia monantha*), son ricos en polifenoles y antioxidantes, sin embargo, existe escasa información sobre los métodos de obtención de estos compuestos bioactivos. **Objetivo:** Evaluar el proceso de extracción por convección natural (CN, 28d), en términos de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los extractos. **Materiales y métodos:** Se emplearon tres tipos de solventes orgánicos: aguardiente (A), vino jerez (VJ) y una combinación 50:50 de ambas (A-VJ). La relación muestra:solvente fue de 1:12 p/v, utilizando frutos triturados incluyendo semillas, pulpa y cáscara. Se realizaron análisis destructivos a los 0-7, 14, 21 y 28 días. Como referencia se caracterizaron los solventes sin contacto con el fruto. **Resultados:** Los solventes VJ y A-VJ mostraron propiedades funcionales relevantes, atribuidos al contenido de polifenoles y antioxidantes del vino jerez. El sistema A obtuvo el mayor contenido de polifenoles (509.16±81.93 mgEAG/g). **Conclusiones:** El sistema de convección natural con aguardiente mostró la mayor eficiencia en la extracción de polifenoles a los 28d. Además, el aguardiente destaca como una alternativa viable por su bajo costo y amplia aceptación en la región.

Palabras Clave: Crucetillo, macerado, convección natural, antioxidantes, polifenoles.

Introducción

Randia monantha es un fruto conocido como crucetillo, por los pobladores de la Cuenca del Papaloapan, entre los estados de Oaxaca y Veracruz. A este fruto medicinal le atribuyen diversas propiedades benéficas contra mordeduras de serpientes, problemas inflamatorios, cáncer, dolor y diabetes (Juárez Trujillo, 2017; Ojeda Ayala et al., 2022; Pérez Espinoza et al., 2008), además de que los pobladores también implementan como descongestionante, analgésico, así como de tratar casos de bronquitis, reumatismo y artritis (García

Cruz, 2018). Durante la pandemia ocasionada por el virus SARS-CoV-2 la popularidad de este y otros frutos macerados alcohólicamente aumentaron su demanda (Morales Flores & Servín Juárez, 2024). La mayoría de las especies del género *Randia* no han sido caracterizadas, los primeros estudios aparecieron en la década de 1990 (Ojeda Ayala et al., 2022). Tradicionalmente, el crucetillo es macerado alcohólicamente para ser consumido, agregando siete frutos en estado seco (entero o triturado), por litro de aguardiente o vino jerez, no obstante, existe escasa información sobre la efectividad del uso de crucetillo en ambos solventes.

La obtención de compuestos bioactivos ha generado un creciente interés, por sus beneficios para la salud, especialmente en el caso de los polifenoles y antioxidantes.

Los compuestos fenólicos contienen un anillo aromático con uno o más sustituyentes hidroxilo, y abarcan desde estructuras fenólicas simples hasta compuestos polimerizados complejos (Bastola et al., 2017). El potencial efecto que presentan los compuestos fenólicos es la neutralización de especies reactivas de oxígeno peligrosas para la salud humana y quelantes de iones metálicos (Salazar Garcés et al., 2023), además tienen propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas y anticancerígenas (Aboulghazi et al., 2022; Cruz et al., 2022).

Los antioxidantes y polifenoles constituyen parte de los metabolitos secundarios, que se encuentran ampliamente distribuidos en la naturaleza y se obtienen en diversos alimentos y plantas, como frutas, verduras, granos enteros y hierbas (Salazar Garcés et al., 2023).

La actividad antioxidante es la capacidad de un compuesto para reducir un radical, el cual acepta un electrón o átomo no apareado de hidrógeno donado por el sustrato; en dicho mecanismo el antioxidante

presente en la célula anula la reactividad de la sustancia oxidativa y/o inhibe la generación de radicales libres (Malpica-Acosta et al., 2024). La actividad antioxidante no se puede medir directamente, pero puede ser determinada por los efectos del compuesto antioxidante en un proceso de oxidación controlada. En la actualidad se han acogido diversas técnicas espectrofotométricas, las que determinan la capacidad antioxidante, donde se da una pérdida de color proporcional con la concentración (Rodríguez A., 2015; Rojas Naspud, 2018).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reconoce la diversidad de prácticas de la medicina tradicional, complementaria e integradora en todos los países del mundo, además hace un llamado a la atención médica de manera adecuada, efectiva y segura sobre la base de las pruebas científicas más recientes, (Juárez-Trujillo et al., 2022) menciona que el extracto acuoso del crucetillo puede usarse con cierto grado de seguridad por administración oral, pero no debe tomarse en dosis altas. Lo que nos lleva al objetivo principal que es; evaluar el proceso de extracción por convección natural de 28 días (CN, 28d), en términos de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los extractos. Lo anterior sugiere, a partir del análisis del macerado alcohólico, una caracterización orientada a la cuantificación y composición de sus compuestos bioactivos, evaluando la Convección Natural y selección del solvente con mejores atributos.

Material y métodos

Obtención y preparación de extractos

Randia monantha en estado seco, fue adquirido en negocios locales de los municipios de Tierra Blanca, y Medellín de Bravo, ambos en el estado de Veracruz. El fruto se trituró a un diámetro <1cm. Se emplearon tres diferentes solventes orgánicos: A, VJ y A-VJ en combinación 50:50. La preparación de los extractos se realizó con frutos triturados; incluyendo semillas, pulpa y cáscara, en una relación muestra:solvente de 1:12 p/v. Los extractos fueron almacenados en frascos de vidrio tipo ámbar para su conservación. Los análisis destructivos se efectuaron por triplicado en intervalos de 0-7, 14, 21 y 28 días. Como control,

se caracterizaron los solventes sin contacto con el fruto.

Caracterización fisicoquímica

Se realizaron cinéticas de extracción sólido-líquido con los solventes y tiempos descritos previamente. Se realizó la caracterización fisicoquímica de los extractos en términos de sólidos solubles totales, pH y acidez total titulable. Las propiedades anteriormente mencionadas junto con humedad, sólidos totales, cenizas, lípidos, carbohidratos totales y azúcares reductores, se realizaron por triplicado (DuBois et al., 1956; Miller, 1959; Phillips et al., 1997).

Caracterización funcional

Similar a la caracterización fisicoquímica, se realizó la caracterización en términos del contenido de ácido ascórbico, polifenoles totales, capacidad antioxidante (referente a Trolox) y el porcentaje de inhibición del radical libre DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo). Además se realizó la CN 28d de los extractos y fueron caracterizados evaluando los anteriores parámetros mencionados junto con acidez titulable y el IC₅₀ del radical DPPH, acorde a las técnicas previamente reportadas (AOAC, 1995; Bastola et al., 2017; Brand-Williams et al., 1995).

Determinación de polifenoles totales por espectrofotometría

El contenido de polifenoles totales se realizó de acuerdo a la técnica de (Folin-Ciocalteu, 1927) con modificaciones. Se realizó una curva de referencia o de calibración, a través de la preparación de soluciones estándar de ácido gálico, partiendo de una solución madre (0.2 µg/µl), este paso se realizó pesando 0.01 g en un matraz aforado de 50 ml con agua destilada, realizando soluciones estándar en un rango de concentraciones de (0 a 0.09 µg/µl), para lo cual se tomaron alícuotas de (0 a 135 µl), para analizar el extracto se tomaron 30 µl de extracto de crucetillo, posteriormente se agregaron 30 µl de agua destilada, 15 µl de reactivo Folin-Ciocalteu 1:10, seguido de 15 µl de solución de Na₂CO₃ al 20%, para finalmente aforar a 300 µl con agua destilada, mezclando y reposando en oscuridad durante 30 min. Las muestras se analizaron por triplicado a una longitud de onda de 630 nm empleando un lector de microplaca Human Reader, utilizando como blanco agua destilada.

Determinación de Actividad antioxidante mediante el reactivo DPPH

La determinación de actividad antioxidante se realizó de siguiendo la metodología descrita por Brand-Williams et al. (1995) con modificaciones. La curva de referencia o de calibración, se elaboró preparando soluciones de ácido 6- hidroxil- 2, 5, 7, 8- tetrametilcromancarboxílico-(Trolox), partiendo de una solución madre de (40 µg/ml), se pesó 1 mg de Trolox en 25 ml de (EtOH 70%), realizando soluciones patrón en un rango de concentraciones de (0, a 6.4 µg/ml), para lo cual se tomarán alícuotas de (0 a 48 µl) aforando con (EtOH 70%), dejando reaccionar con el radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo (DPPH) en oscuridad durante 30 min. Las muestras se analizaron tomando directamente 30 µl de extracto de cruetillo previamente filtrado, dejando reaccionar con 75 µl del radical DPPH, aforando a 300 µl en oscuridad durante 30 min. Las muestras se evaluarán por triplicado a una longitud de onda de 492 nm empleando un lector de microplaca Human Reader. Como blanco se usó (EtOH 70%).

Resultados

En la **Tabla 1**, se muestran los resultados fisicoquímicos de las muestras de A, A-VJ y VJ analizadas al día 28 de CN, donde se observa que el extracto elaborado con VJ presentó la mayor concentración de sólidos totales y cenizas con respecto a los extractos de A y A-VJ en las mismas condiciones, además de mayor contenido de carbohidratos totales, azúcares reductores y sólidos solubles totales, producto de la elaboración del VJ, donde, el vino se compone principalmente de aguardiente de uva, etanol, azúcares, además de productos de la fermentación como; péptidos, aminoácidos, ácidos orgánicos, entre otros, de acuerdo a (Medina et al., 2003).

En la **Tabla 2**, puede verse que el mayor contenido de compuestos funcionales en los extractos A-VJ y VJ, se atribuyen al contenido inicial de polifenoles y antioxidantes en el vino jerez. Herrera-Pool et al. (2019) sugieren que los compuestos fenólicos en *C. chinense* fueron extraídos con solventes relativamente polares.

Tabla 1: Propiedades fisicoquímicas de extractos de cruetillo a t=28d

Propiedad	CN:A	CN:A-VJ	CN:VJ
Humedad %	98.5±0.0 ^a	87.13±0.32 ^b	78.33±0.58 ^c
Sólidos	1.5±0.0 ^c	12.87±0.32 ^b	21.67±0.58 ^a
Cenizas %	0.2±0.05 ^b	0.47±0.08 ^a	0.58±0.1 ^a
pH	5.85±0.11 ^a	4.51±0.02 ^b	4.16±0.04 ^c
Lípidos %	0.08±0.03 ^c	1.59±0.1 ^a	0.92±0.04 ^b
Carbohidratos totales (g/100g)	0.04±0.02 ^c	1.46±0.43 ^b	2.99±0.17 ^a
Azúcares reductores (g/100g)	0.41±0.03 ^c	8.31±0.51 ^b	16.92±0.53 ^a
Sólidos solubles totales °Brix	10±0.0 ^c	18.67±0.29 ^b	25.5±0.0 ^a

Media ± DE; n > 3. Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (p < 0.05).

Tabla 2: Propiedades funcionales de extractos de cruetillo a t=28d

Propiedad	CN:A	CN: -VJ	CN:VJ
Acidez titulable (meq/L)	8.67±1.15 ^c	38.67±1.15 ^b	68.0±2.0 ^a
Ácido ascórbico (mg/mL)	0.56±0.07 ^c	2.48±0.07 ^b	4.35±0.13 ^a
Polifenoles (mgEAG/g)	509.16±81.93 ^{ab}	655.89±55.74 ^a	678.24±138.43 ^a
Cap. Antiox. (µg/mL)	2.06±0.41 ^{ab}	3.39±0.49 ^a	3.09±0.34 ^a
IC ₅₀ Radical DPPH (mg/mL)	3.59±0.41 ^a	3.30±0.48 ^a	3.45±0.34 ^a
% Inhibición DPPH	33.69±5.05 ^b	50.69±6.05 ^a	47.35±4.08 ^a

Media ± DE; n > 3. Letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (p < 0.05).

Durante el proceso de extracción, se efectuaron análisis destructivos en los días 0, 7, 14, 21 y 28. En la **Figura 1** se observan las cinéticas de a) sólidos solubles totales b) acidez total titulable y c) pH,

donde la línea de color azul corresponde al extracto por CN:A, la línea verde es la CN:A-VJ y la línea color rojo es propia de la C:NVJ.

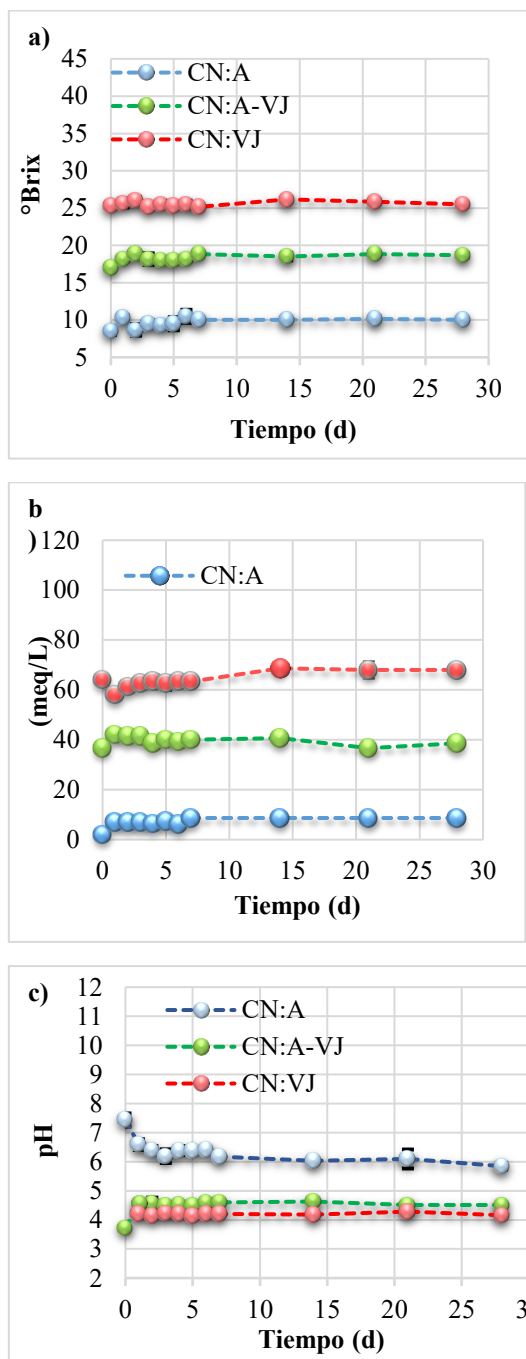


Figura 1: Propiedades fisicoquímicas de extractos de cruetillo. a) Sólidos solubles totales. b) Acidez total titulable. c) pH. Media $\pm$ DS; $n > 3$, ($p < 0.05$).

El tiempo $t=0$ de las cinéticas mostradas en la Figura 1 de los análisis fisicoquímicos hace referencia a la caracterización de los solventes sin contacto con el fruto. Respecto a los sólidos solubles totales, se muestran diferencias significativas en los tres extractos de los días 0-7 y permanecen constantes a partir del día 07 y hasta el final del tiempo de extracción de extracción.

En el caso de la acidez total titulable, se observan nuevamente diferencias significativas en los tres extractos de los días 0-7 a partir del día 07 y hasta el final del tiempo de extracción de extracción.

En cuanto al los valores de pH la CN:VJ y la combinación del extracto CN:A-VJ presentaron un valor similar en el día 0 y un incremento significativo al día 1 de CN, lo cual permanece constante durante los 28 días de extracción, haciendo que estos extractos se volvieran significativamente diferentes menos ácidos, dato contrario a lo sucedido en la CN:A, el solvente en el día 0 presenta un pH neutro, observándose estable a partir del día 07 y hasta el final del tiempo de extracción de extracción. El extracto de A presenta valores significativamente diferentes a los extractos obtenidos con VJ y VJ-A.

En la **Figura 2** se observan las cinéticas de las propiedades funcionales de los extractos de cruetillo; a) Ácido ascórbico. b) Polifenoles totales c) Capacidad Antioxidante. d) % Inhibición DPPH, se realizaron análisis destructivos a los 0-7, 14, 21 y 28 días de extracción, donde las barras de color azul corresponden al extracto por CN:A, las barras de color verde es la CN:A-VJ y las barras de color rojo son propias de la CN:VJ; donde el día "0" hace referencia a la caracterización de los solventes sin contacto con el fruto.

Respecto a la cinética de a) Ácido ascórbico, se observó que el solvente A tiene nulo contenido de este ácido en el día 0, y a partir del día 1 aumenta significativamente y permanece constante el valor de este ácido. El solvente A-VJ presentó contenido de ácido ascórbico y al primer día de extracción se observó un aumento significativo. En el caso de la CN:VJ no se identificó diferencia significativa a lo largo de los 28 días de extracción respecto al día 0.

En la cinética b), de Polifenoles totales, el solvente A mostró nula cuantificación de estos compuestos bioactivos y a partir del tercer día de CN, se observa un aumento significativo e importante en

comparación que los extractos CN:A-VJ y VJ, que por sí solos tienen sustancias polifenólicas provenientes del solvente VJ, este alto contenido polifenólico se ve afectado al día 1 de extracción, donde hubo una reducción significativa en la concentración de estos compuestos.

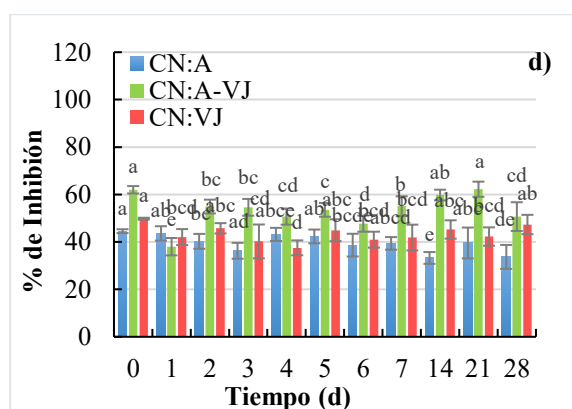
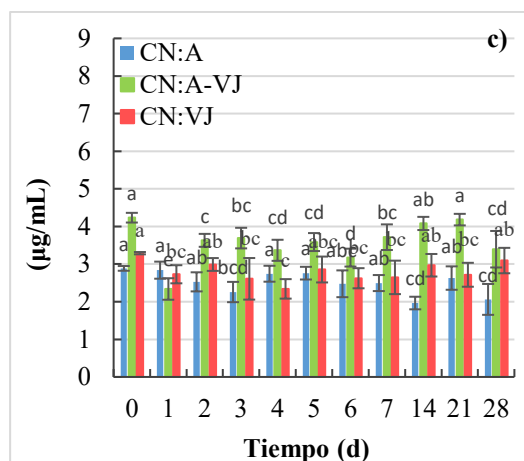
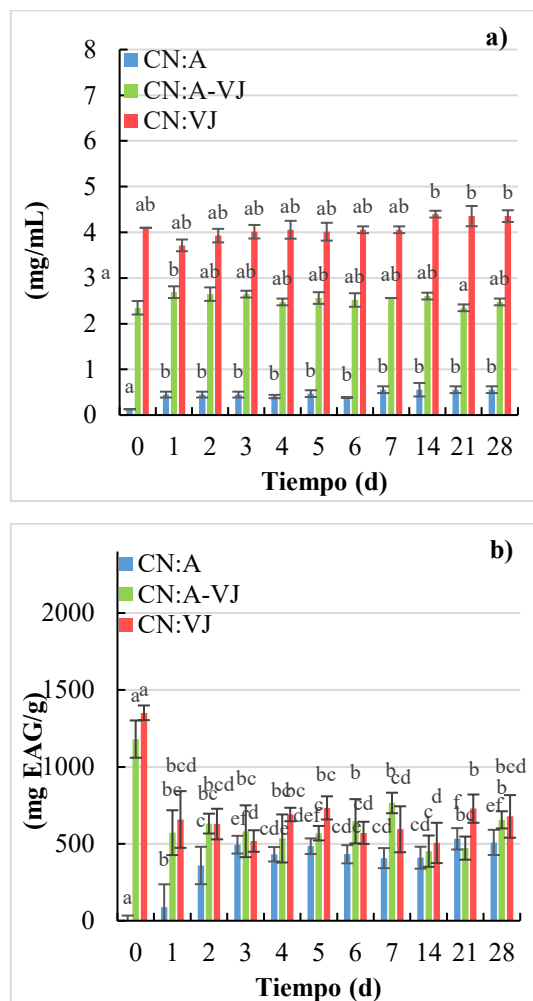


Figura 2: Cinéticas de las propiedades funcionales de extractos de crucetillo; a) Ácido ascórbico. b) Polifenoles totales c) Capacidad Antioxidante. d) % Inhibición DPPH. Media $\pm$ DS; $n > 3$, ($p < 0.05$).

La capacidad antioxidante significa la captación que tiene un microgramo de antioxidante para atrapar radicales libres en un mililitro de solvente (Rodríguez A., 2015), en la cinética de este parámetro se observa que los tres solventes contienen capacidad antioxidante y se mantienen constantes a los 28 días de extracción, algo similar ocurre en el parámetro del % de inhibición donde las cinéticas no exhiben diferencias significativas del día 0 al día 28 de extracción en los tres diferentes extractos. Tanto la capacidad antioxidante como el % de inhibición, se mantienen constantes indicando que la actividad antioxidante no cambia al transcurso del periodo de extracción.

Discusión

Los valores obtenidos de °Brix y pH en los extractos con el solvente A-VJ coinciden con lo reportado previamente (Retuerto Figueroa et al., 2024) en

extractos de corteza de árbol *C. micrantha* con ETOH 50° (17.5 ± 0 °Brix y un pH de 4.91 ± 0).

La cinética realizada al aguardiente presentó una mejor obtención de compuestos bioactivos, (Garcés et al., 2023b) señala que las soluciones de alcohol/agua son más eficientes en la extracción de estos compuestos en comparación de los solventes de un solo componente.

Los extractos obtenidos con aguardiente mostraron: capacidad antioxidante, polifenoles totales y % de inhibición DPPH (2.06 ± 0.41 µg/mL, 509.16 ± 81.93 mg EAG/g, 33.69 ± 5.05 %), atribuibles del fruto de crucetillo; y mayores a lo reportado previamente (Juárez Trujillo, 2017) para polifenoles totales y % de inhibición DPPH (57.19 ± 0.7 mg EAG/g, 23.73 ± 0.06 % respectivamente).

Conclusiones

Se obtuvieron parámetros fisicoquímicos de los extractos de crucetillo, teniendo así una herramienta confiable para el control de calidad de los extractos alcohólicos de *Randia monantha* en las formulaciones A, A-VJ y VJ.

Los extractos obtenidos con A-VJ y VJ presentaron compuestos funcionales provenientes del solvente de vino jerez, mientras que el extracto de aguardiente mostró alta capacidad antioxidante, contenido de polifenoles totales y un % de inhibición DPPH superior a lo reportado previamente (Juárez Trujillo, 2017). Adicionalmente el aguardiente es un solvente económico, de amplia disponibilidad y aceptación en la región; y la convección natural es un proceso ecológico con potencial de aplicación para el propósito de este tipo de productos naturales.

Referencias bibliográficas

Aboulghazi, A., Meryem, B., & Fadil, M. (2022). (PDF) Simultaneous Optimization of Extraction Yield, Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Moroccan Propolis Extracts: Improvement of Ultrasound-Assisted Technique Using Response Surface Methodology. https://www.researchgate.net/publication/358277078_Simultaneous_Optimization_of_Extraction_Yield_Phenolic_Compounds_and_Antioxidant_Activity_of_Moroccan_Propolis_Extracts_Improvement_of_Ultrasound-Assisted_Technique_Using_Response_Surface_Methodology

Assisted_Technique_Using_Response_Surface_Methodology

Bastola, K. P., Guragain, Y. N., Bhadriraju, V., & Vadlani, P. V. (2017). Evaluation of Standards and Interfering Compounds in the Determination of Phenolics by Folin-Ciocalteu Assay Method for Effective Bioprocessing of Biomass. *American Journal of Analytical Chemistry*, 08(06), 416-431. <https://doi.org/10.4236/ajac.2017.86032>

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)

Cruz, J. E. R. da, Costa, J. L. G., Teixeira, T. A., Oliveira e Freitas, G. R., Gomes, M. de S., & Moraes, E. R. (2022). Phenolic compounds, antioxidant and antibacterial activity of extract from leaves and bark of *Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville. *Revista Ciência Agronômica*, 53, e20217903. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20220049>

DuBois, Michel., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, Fred. (1956). Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356. <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>

Gallardo-Casas, C., Guevara-Balcázar, G., Ramos, E., Tadeo-Jiménez, Y., Gutiérrez-Flores, O., Jiménez-Sánchez, N., Valadez-Omaña, M., Valenzuela-Vargas, M., & Castillo, M. (2011). Ethnobotanic study of *Randia aculeata* (Rubiaceae) in Jamapa, Veracruz, Mexico, and its anti-snake venom effects on mouse tissue. *Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases*, 18, 287-294. <https://doi.org/10.1590/S1678-91992012000300006>

Garcés, E., Ortiz, M., Duchicela, R., Borja, W., & Mendoza, C. (2023a). Efecto de solvente y temperatura para la extracción de compuestos fenólicos en hojas de fresa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7, 2563-2575. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6365

Garcés, E., Ortiz, M., Duchicela, R., Borja, W., & Mendoza, C. (2023b). Efecto de solvente y temperatura para la extracción de compuestos fenólicos en hojas de fresa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7, 2563-2575. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6365

- García Cruz, N. D. (2018). Obtención de extractos a partir del fruto del crucetillo (*Randia aculeata*) y la evaluación de sus efectos sobre el crecimiento de *Mycobacterium bovis*. [Licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Herrera-Pool, E., Ramos-Díaz, A., Ayora, T., Cuevas-Bernardino, J. C., Lizardi-Jiménez, M., & Pacheco López, N. (2019). Efecto de la polaridad de solvente sobre el contenido de compuestos fenólicos y la variación de color en extractos de fruto y hoja de chile habanero (*Capsicum chinense* var. Chichen Itza). (pp. 442-446).
- Juárez Trujillo, N. (2017). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas, antioxidantes e identificación de compuestos fenólicos bioactivos de crucetillo (*Randia monantha* Benth) [Maestría]. Universidad Veracruzana.
- Juárez-Trujillo, N., Tapia-Hernández, F. E., Alvarado-Olivarez, M., Beristain-Guevara, C. I., Pascual-Pineda, L. A., & Fernández, M. J. (2022). Estudio de actividad antibacteriana y toxicidad aguda de extracto acuoso estandarizado de fruto de *Randia monantha* Benth. *Biocencia*, 24(1), 38-45. <https://doi.org/10.18633/biocencia.v24i1.1516>
- Malpica-Acosta, S., Acosta-Osorio, A., Benedito, J., & Castillo-Zamudio, R. (2024). Efecto de tres métodos de extracción en el rendimiento, actividad antioxidante, fenoles totales y estabilidad de extractos de hojas de *Plectranthus amboinicus*. *CienciaUAT*, 18, 91-106. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v18i2.1797>
- Medina, M., Moreno, J., Merida, J., Mayen, M., Zea, L., & Moyano, L. (2003). SHERRY | Composition and Analysis. En B. Caballero (Ed.), *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition* (Second Edition) (pp. 5257-5261). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B0-12-227055-X/01084-1>
- Miller, G. L. (1959). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Analytical Chemistry*, 31(3), 426-428. <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>
- Morales Flores, H., & Servín Juárez, F. (2024). Alimentación y herbolaria en el contexto de la pandemia del COVID-19. Experiencia desde la Sierra Juárez de Oaxaca, México *Food and Herbalism in the Context of the COVID-19 Pandemic. Experience from the Sierra Juárez de Oaxaca, Mexico*. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/385808416_Alimentacion_y_herbolaria_en_el_contexto_de_la_pandemia_del_COVID-19_Experiencia_desde_la_Sierra_Juarez_de_Oaxaca_Mexico
- Ojeda Ayala, M., Gaxiola Camacho, S. M., & Delgado Vargas, F. (2022). Phytochemical composition and biological activities of the plants of the genus *Randia*. *Botanical Sciences*, 100(4), Article 4. <https://doi.org/10.17129/botsci.3004>
- Pérez Espinoza, T. P., Castillo Hernández, M. del Carmen, Valadez Omaña, M. T., & Gallardo Casas, C. A. (2008, marzo 1). Evaluación toxicológica y efecto antinociceptivo en un modelo de dolor visceral del extracto etanólico de *Randia aculeata* (Crucetillo). ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/304581982_Evaluacion_toxicologica_y_efecto_antinociceptivo_en_un_modelo_de_dolor_visercial_del_extracto_etanolico_de_Randia_aculeata_Crucetillo
- Phillips, K. M., Tarragó-Trani, M. T., Grove, T. M., Grün, I., Lugogo, R., Harris, R. F., & Stewart, K. K. (1997). Simplified gravimetric determination of total fat in food composites after chloroform-methanol extraction. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 74(2), 137-142. <https://doi.org/10.1007/s11746-997-0158-1>
- Retuerto Figueroa, M. G., Espinoza Córdova, G., Huamaní Tarazona, J. P., Gómez Silvera, A., Romero Macavilca, J. J., Aylas Humareda, M. del C., Huamán Tarrillo, R., Villafuerte Montes, Ú., Miranda da Gama, R., del Llano Archondo, M. E., Retuerto Figueroa, M. G., Espinoza Córdova, G., Huamaní Tarazona, J. P., Gómez Silvera, A., Romero Macavilca, J. J., Aylas Humareda, M. del C., Huamán Tarrillo, R., Villafuerte Montes, Ú., Miranda da Gama, R., & del Llano Archondo, M. E. (2024). Caracterización fisicoquímica, alcaloides totales y capacidad antioxidante de extractos alcohólicos de corteza *Cinchona micrantha*. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 90(4), 193-202. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v90i04.484>
- Rodríguez A., O. E. (2015). Actividad antioxidante de extractos de hojas de *Bocconia frutescens* L. (Papaveraceae). *Revista de Tecnología | Journal of*

Technology | Págs. 21-36, 14, 21-36.
<https://doi.org/10.18270/rt.v14i2.1868>

Rojas Naspud, E. M. (s. f.). Determinación de la capacidad antioxidante de los extractos alcohólicos del fruto de mora (*Rubus glaucus* Benth) obtenidos con tres pretratamientos térmicos. 2018.

Salazar Garcés, E., Ortiz, M., Duchicela, R., Borja, W., & Mendoza, C. (2023). Efecto de solvente y temperatura para la extracción de compuestos fenólicos en hojas de fresa. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7, 2563-2575.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i3.6365

Agradecimientos

Agradecimiento especial al TecNM campus Tierra Blanca por las facilidades otorgadas para el desarrollo del proyecto de investigación “Extracción de antioxidantes y polifenoles de (*Randia monantha*) en extractos alcohólicos” por la información proporcionada, la confianza y colaboración en la transferencia de los conocimientos adquiridos.

I. I. Sandoval García agradece al SECIHTI por la beca otorgada para los estudios de Maestría en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología en el TecNM campus Tierra Blanca.

Currículo corto de los autores

I.Q. Isis Irlanda Sandoval García

Ingeniera Química con especialidad en procesos de alimentos por el TecNM campus Oaxaca. El presente trabajo es parte de su experiencia profesional para obtener el título la Maestría en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología en el TecNM campus ITS Tierra Blanca.

Dra. Karen Aylin Vargas García

Doctora en Ciencias en Alimentos por el TecNM campus Veracruz. Actualmente adscrita como profesora de tiempo completo en los programas de Ingeniería Ambiental y de la Maestría en Ciencias en Alimentos y Biotecnología en el TecNM campus Tierra Blanca. Integrante del Cuerpo Académico Tecnología de procesos Alimentarios. Se encuentra adscrita al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores en nivel I.

Dra. Gilda Avendaño Vásquez

Doctora en Ciencias en Bioprocesos por la UASLP. Profesora-investigadora de tiempo completo en Ingeniería en Industrias Alimentarias y la Maestría en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología en el TecNM campus Tierra Blanca. Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (nivel Candidato). Miembro del Padrón Veracruzano de Investigadores. Miembro de la Red Veracruzana de Mujeres dedicadas a la Ciencia, Tecnología e Innovación.}

Dra. Elizabeth del Carmen Varela Santos

Doctorado en Ciencias en Ingeniería Bioquímica por la Unidad de Posgrado, Investigación y Desarrollo Tecnológico. De Instituto Tecnológico de Durango Profesor Investigador del Instituto Tecnológico Superior de Tierra Blanca. Profesor con Perfil Deseable PRODEP, formo parte del SNII nivel 1. Actualmente coordinadora de la Maestría en Ciencias de los Alimentos y Biotecnología.

Rescate de fauna silvestre durante la construcción del puente Nichupté, Cancún, México

J.L. De Vega Lotzin y A. Torres Beltrán

24

Resumen: La construcción de infraestructura en áreas urbanas como Cancún, Benito Juárez, México, constituye un reto para la conservación de la biodiversidad debido a la alteración y fragmentación de hábitats naturales. Con motivo de la construcción del Puente Nichupté se implementaron acciones de rescate de fauna silvestre durante las fases iniciales de la obra. Se realizaron recorridos directos, observaciones con cámaras trampa, registros en horarios de amanecer y atardecer, capturas con trampas Tomahawk para mamíferos medianos, trampas Sherman para mamíferos pequeños y métodos manuales con redes, calderines y recipientes para anfibios y reptiles. Para determinar el estatus de conservación de las especies se utilizó la Norma Oficial Mexicana 059 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales 2010. Se rescataron 18 individuos, de los cuales 13 correspondieron a reptiles, 3 a mamíferos y 2 a anfibios, y se registraron en total 1,574 ejemplares, distribuidos en 46 anfibios, 1153 aves, 99 mamíferos y 331 reptiles. Ocho especies fueron clasificadas como amenazadas, dos bajo protección especial y se identificó la especie endémica *Handleyomys melanotis*. La alta abundancia de aves y reptiles refleja la función del área como corredor biológico, resaltando la importancia de integrar medidas de mitigación y monitoreo en proyectos urbanos.

Palabras Clave: biodiversidad, conservación, monitoreo, rescate de fauna, urbanización.

Introducción

La expansión urbana y la construcción de infraestructura representan una de las principales amenazas para la biodiversidad debido a la fragmentación de hábitats, la pérdida de conectividad

y la alteración de los ecosistemas naturales (McKinney, 2002; Seto et al., 2012). En regiones tropicales y subtropicales, como Cancún, México, los procesos de urbanización ejercen una presión considerable sobre corredores biológicos y zonas húmedas, lo que afecta directamente a reptiles, mamíferos, anfibios y aves, incluyendo especies endémicas o en riesgo (Dirzo et al., 2014). La construcción del Puente Nichupté es un ejemplo claro de cómo el desarrollo urbano puede comprometer la integridad de los ecosistemas locales. Ante este panorama, se implementaron estrategias de rescate de fauna con el propósito de mitigar los impactos y garantizar, en la medida de lo posible, la conservación de los individuos y la conectividad ecológica de la zona (Santos et al., 2015). El objetivo de este estudio fue documentar el rescate de fauna silvestre durante la construcción, identificar la diversidad biológica presente y resaltar la necesidad de integrar planes de conservación en proyectos urbanos.

Materiales y Métodos

El estudio se llevó a cabo en el área de influencia directa del proyecto de construcción del Puente Nichupté, en Cancún, Quintana Roo, México. Esta zona se caracteriza por presentar un mosaico de hábitats, entre ellos selva baja subperennifolia, manglares, humedales y cuerpos de agua asociados, los cuales funcionan como corredores biológicos que favorecen el tránsito de fauna silvestre. Debido a que la construcción implicaba la remoción de vegetación y movimiento de maquinaria pesada, fue necesario implementar un protocolo de rescate que garantizara la seguridad de los animales y redujera al mínimo el impacto sobre las poblaciones locales.

Para ello, se diseñaron recorridos sistemáticos a pie en transectos lineales de aproximadamente 500 metros, cubriendo diariamente las áreas de mayor perturbación. Estos recorridos se realizaron en dos horarios principales: al amanecer (06:00–10:00 h) y al atardecer (16:00–20:00 h), coincidiendo con los periodos de mayor actividad de las especies. Se complementaron con revisiones nocturnas focalizadas en cuerpos de agua y zonas con alta humedad, buscando anfibios y reptiles de hábitos crepusculares y nocturnos.

El rescate de mamíferos se efectuó mediante el uso de trampas Tomahawk (para individuos medianos como mapaches o tlacuaches) y trampas Sherman (para pequeños roedores). Estas trampas fueron cebadas con frutas, semillas y croquetas para maximizar la captura sin causar daño. Los reptiles y anfibios fueron capturados manualmente empleando redes entomológicas, calderines y guantes de seguridad, especialmente en el caso de especies con comportamiento defensivo. Se utilizaron también recipientes plásticos perforados para mantener temporalmente a los ejemplares antes de su liberación.

Adicionalmente, se instalaron cámaras trampa con sensores de movimiento en sitios estratégicos, lo que permitió registrar mamíferos nocturnos, aves de difícil observación y otros animales que no fueron capturados directamente. Estas cámaras se colocaron a una altura aproximada de 50 cm sobre el suelo y permanecieron activas durante 24 horas, con revisiones periódicas para el resguardo de la información.

Todos los individuos capturados fueron identificados en campo con guías de campo especializadas y claves taxonómicas. Posteriormente, su estatus de conservación se corroboró conforme a la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Tras la identificación, cada ejemplar fue trasladado y liberado en un área segura, fuera del polígono de obra, procurando elegir sitios con condiciones ambientales similares a su hábitat original.

Los datos recolectados incluyeron abundancia de individuos, riqueza de especies y frecuencia de registros. Esta información fue sistematizada en bases de datos para su análisis, con el fin de evaluar

la composición faunística de la zona y los posibles impactos de la urbanización.

Resultados y Discusión

Durante el rescate de fauna efectuado en el área de construcción del Puente Nichupté se logró la recuperación directa de 18 individuos, distribuidos en 13 reptiles, 3 mamíferos y 2 anfibios. De manera complementaria, mediante el monitoreo con cámaras trampa y recorridos sistemáticos, se contabilizó un total de 1574 ejemplares en la zona de estudio. Estos individuos se distribuyeron en cuatro grandes grupos taxonómicos: 46 anfibios, 1153 aves, 99 mamíferos y 331 reptiles. Esta diversidad confirma que, a pesar de las modificaciones causadas por la urbanización, el área sigue funcionando como un corredor biológico con un valor ecológico significativo.

En términos de conservación, los hallazgos son relevantes: se identificaron ocho especies clasificadas como amenazadas, dos bajo la categoría de protección especial y una especie endémica, *Handleyomys melanotis*. La presencia de especies endémicas es un indicador de la singularidad ecológica de la región, ya que dependen de hábitats muy específicos que no se encuentran en otras localidades. La pérdida o alteración de estos ecosistemas podría ocasionar una disminución drástica en sus poblaciones, lo cual resalta la necesidad de incorporar medidas de mitigación efectivas en los proyectos de infraestructura urbana.

El análisis de abundancia muestra que las aves representaron el grupo más numeroso, con el 73% de los registros totales. Esta elevada proporción concuerda con lo reportado por Chace y Walsh (2006), quienes señalan que diversas especies de aves tienen una notable capacidad de adaptación temporal a entornos urbanos, aprovechando recursos disponibles como áreas abiertas, cuerpos de agua y espacios arbolados fragmentados. Sin embargo, aunque las aves parecen resilientes a corto plazo, la fragmentación del hábitat y la pérdida de zonas de anidación pueden repercutir negativamente en sus poblaciones a mediano y largo plazo.

Los reptiles, con 331 registros, constituyeron el segundo grupo más abundante. Su presencia sugiere que el ecosistema aún conserva elementos

estructurales adecuados, como vegetación densa, sustratos húmedos y microhábitats que favorecen su supervivencia. Este grupo es especialmente vulnerable a los procesos de urbanización debido a su limitada movilidad y alta dependencia de características microambientales. La fragmentación del terreno incrementa el riesgo de atropellamiento, depredación y pérdida de sitios de refugio. Por ello, la captura y reubicación realizada durante la obra resultó crucial para reducir la mortalidad directa de estos organismos.

En el caso de los mamíferos, se contabilizaron 99 ejemplares pertenecientes a distintas especies. Aunque en número representan una proporción menor, su importancia ecológica es indiscutible, ya que participan en procesos clave como la dispersión de semillas, polinización y regulación de poblaciones. Su desplazamiento forzado debido a la obra puede tener repercusiones negativas sobre la dinámica del ecosistema. Por ejemplo, la reducción de dispersores podría afectar la regeneración de la selva baja, lo que a su vez limita la disponibilidad de alimento y refugio para otros organismos.

Los anfibios, con 46 registros, conformaron el grupo menos representado. Su baja abundancia podría estar relacionada con la alteración de cuerpos de agua y el drenaje de humedales asociados a la construcción. Los anfibios son considerados bioindicadores de calidad ambiental debido a su sensibilidad a cambios en humedad, temperatura y disponibilidad de refugios. La reducción de sus poblaciones puede interpretarse como una señal temprana de impacto ambiental significativo.

La coexistencia de especies comunes junto con especies amenazadas y endémicas pone en evidencia la complejidad de los impactos de la urbanización sobre la biodiversidad. Si bien algunas especies logran persistir o adaptarse en entornos transformados, otras requieren condiciones muy específicas que no pueden mantenerse tras las modificaciones del hábitat. Esto subraya la necesidad de implementar estrategias de conservación integrales, que incluyan rescates sistemáticos, monitoreo posterior a la construcción y la creación de corredores biológicos que garanticen la conectividad entre fragmentos de selva y humedales.

Conclusiones

El rescate de fauna silvestre durante la construcción del Puente Nichupté demostró la relevancia de integrar medidas de conservación y monitoreo en proyectos urbanos. Los resultados evidencian que incluso en zonas urbanizadas, la biodiversidad puede ser alta y contener especies endémicas o amenazadas, por lo que la planificación responsable y la mitigación de impactos son esenciales para equilibrar desarrollo y conservación.

Referencias

- Chace, J. F., & Walsh, J. J. (2006). Urban effects on native avifauna: A review. *Landscape and Urban Planning*, 74(1), 46–69. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2004.08.007>
- Dirzo, R., Young, H. S., Galetti, M., Ceballos, G., Isaac, N. J., & Collen, B. (2014). Defaunation in the Anthropocene. *Science*, 345(6195), 401–406. <https://doi.org/10.1126/science.1251817>
- McKinney, M. L. (2002). Urbanization, biodiversity, and conservation. *BioScience*, 52(10), 883–890. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0883:UBAC\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0883:UBAC]2.0.CO;2)
- Santos, B. A., Silva, W. R., & Santos, M. A. (2015). Fauna rescue during construction projects: Strategies and outcomes in tropical environments. *Environmental Management*, 55(3), 612–622. <https://doi.org/10.1007/s00267-014-0427-5>
- Seto, K. C., Guneralp, B., & Hutyra, L. R. (2012). Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(40), 16083–16088. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109>
- Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. (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. Diario Oficial de la Federación.

Currículo corto de los autores

Licenciado en Biología (BUAP), 2010

Doctora en Ciencias en Agroecosistemas Tropicales (COLPOS), 2020.

Evaluación físico química de carne de gallina Rhode island red alimentada con dieta convencional y alternativa complementada con verduras y ajo-cebolla

E. Rosiles De la Cruz, A. Torres Beltrán, F. Calderón Sánchez² y S. Vásquez López

Resumen: La alimentación alternativa en gallinas ponedoras puede mejorar la calidad de la carne y reducir costos de producción, constituyéndose en una estrategia sustentable para pequeños productores rurales. Este estudio se realizó en la unidad experimental avícola de la Universidad Interserrana del Estado de Puebla, Ahuacatlán, con gallinas Rhode Island Red, con el objetivo de evaluar la composición físico-química de la carne bajo dieta convencional y una dieta alternativa complementada con verduras y una mezcla de ajo y cebolla. Se emplearon 50 aves de cuatro semanas distribuidas en tres grupos: T1, 20 aves con concentrado comercial; T2, 20 aves con concentrado, desperdicio de verduras, tortilla y ajo-cebolla; y un grupo testigo de 10 aves con dieta estándar. A las 65 semanas se sacrificaron aleatoriamente 5 aves del T1 y 6 del T2, extrayéndose muestras del músculo pectoral para analizar pH, capacidad de retención de agua, pérdida por cocción, humedad, cenizas, grasa y proteína. No se encontraron diferencias significativas en propiedades físicas, pero T2 mostró menor grasa y mayor proteína, evidenciando el valor nutricional de la dieta alternativa. Estos resultados sugieren que el uso de verduras y subproductos locales es una estrategia viable, económica y sostenible para mejorar la carne y fortalecer la economía rural y la seguridad alimentaria.

Palabras Clave: gallinas, desperdicio de verdura, grasa y proteína.

Introducción: La producción avícola es una de las principales fuentes de proteína animal a nivel mundial, destacando tanto por la carne como por el huevo, y representa una alternativa de ingreso y seguridad alimentaria para pequeños productores rurales (FAO, 2021). La calidad de la carne de gallina depende de factores genéticos, edad, manejo y,

especialmente, alimentación, que influye en propiedades físico-químicas como contenido de proteína, grasa, humedad, pH y capacidad de retención de agua (Mujahid et al., 2020). Aunque la alimentación basada en concentrados balanceados asegura crecimiento uniforme, su alto costo limita a pequeños productores, motivando la búsqueda de alternativas accesibles, nutritivas y sostenibles (Soler et al., 2017).

Las dietas alternativas que incluyen subproductos agrícolas y vegetales locales han mostrado potencial para mejorar la composición nutricional de la carne y reducir los costos de alimentación (Abdalla et al., 2018). Ingredientes como verduras, residuos de tortillas y plantas funcionales, como ajo (*Allium sativum*) y cebolla (*Allium cepa*), presentan efectos positivos sobre la salud intestinal, perfil lipídico y contenido proteico en aves (Saleh et al., 2021). Además, su disponibilidad local favorece la sostenibilidad al aprovechar recursos que normalmente se desperdiciarían, generando un modelo circular que fortalece la economía rural y disminuye la dependencia de concentrados industriales.

El uso de ajo y cebolla también se ha relacionado con efectos antioxidantes, antimicrobianos y moduladores del metabolismo lipídico, lo que puede traducirse en carne con menor grasa y mayor proteína (Kim et al., 2019). En la Sierra Norte de Puebla, la disponibilidad de estos insumos representa una oportunidad estratégica para desarrollar dietas alternativas viables, especialmente para gallinas Rhode Island Red, de alta productividad y adaptabilidad a sistemas semiextensivos. Por ello, este estudio busca evaluar el impacto de la inclusión de verduras y ajo-cebolla en la dieta sobre la calidad físico-química de la carne, promoviendo sistemas de producción más sostenibles, económicos y nutritivos en comunidades rurales.

Materiales y Métodos

El estudio se realizó en la Unidad Experimental Avícola de la Universidad Interserrana del Estado de Puebla, Ahuacatlán, con gallinas ponedoras Rhode Island Red. Se emplearon 50 aves de cuatro semanas, distribuidas aleatoriamente en tres tratamientos: T1, 20 aves con concentrado comercial; T2, 20 aves con concentrado más verduras, tortilla y mezcla de ajo-cebolla; y un grupo testigo de 10 aves con dieta estándar. Las aves se mantuvieron en condiciones controladas, con acceso libre a agua y alimento, siguiendo normas de bienestar animal.

A las 65 semanas, se seleccionaron 5 aves del T1 y 6 del T2 para sacrificio y análisis del músculo pectoral derecho. Las muestras se transportaron a temperatura controlada al laboratorio y se evaluaron parámetros físico-químicos: pH, capacidad de retención de agua, pérdida por cocción, humedad, cenizas, grasa y proteína, siguiendo métodos AOAC (2022). El pH se midió con potenciómetro calibrado; la retención de agua mediante centrifugación; la pérdida por cocción como porcentaje de peso tras cocer a 75 °C durante 30 minutos; la humedad por desecación a 105 °C; las cenizas por incineración a 550 °C; la grasa por extracción Soxhlet con éter de petróleo; y la proteína mediante método Kjeldahl ($N \times 6.25$).

Los datos se organizaron en base de datos y se analizaron mediante ANOVA con SPSS v.25, evaluando diferencias significativas entre tratamientos con prueba de Tukey ($p < 0.05$). Este diseño permitió comparar los efectos de la dieta alternativa frente a la dieta convencional sobre la composición físico-química de la carne, evaluando su potencial nutricional y la viabilidad de implementación en sistemas rurales.

Resultados y Discusión

La alimentación alternativa con verduras y una mezcla de ajo y cebolla mostró un efecto relevante sobre la composición físico-química de la carne de gallina ponedora, aunque no se observaron diferencias significativas en las propiedades físicas entre los tratamientos. El pH, la capacidad de retención de agua y la pérdida por cocción fueron similares en los grupos T1 (concentrado comercial) y T2 (concentrado más verduras y ajo-cebolla), lo que

indica que la inclusión de subproductos vegetales no afectó la calidad tecnológica de la carne ni su comportamiento durante el procesamiento (Nalle et al., 2019).

Respecto a la composición proximal, T2 presentó menor contenido de grasa y mayor concentración de proteína en comparación con T1, consistente con estudios previos que muestran que ingredientes funcionales y vegetales en la dieta de aves mejoran el perfil nutricional de la carne, reduciendo lípidos y favoreciendo la deposición proteica (Saleh et al., 2021). La reducción de grasa puede atribuirse a compuestos bioactivos presentes en ajo y cebolla, como alicina y flavonoides, que modulan el metabolismo lipídico y actúan como antioxidantes naturales, contribuyendo a una síntesis proteica más eficiente.

El contenido de humedad y cenizas fue similar en ambos grupos, lo que sugiere que la dieta alternativa no afectó la hidratación de los tejidos ni la mineralización básica de la carne. Estos parámetros son importantes para la aceptación sensorial y la conservación del producto, ya que influyen en textura, jugosidad y estabilidad durante almacenamiento y cocción (Mujahid et al., 2020). Por lo tanto, la dieta alternativa no comprometió las propiedades físicas que determinan la calidad comercial de la carne, manteniendo características comparables a las obtenidas con dietas convencionales.

El aumento de proteína en T2 refuerza que la inclusión de subproductos locales y vegetales funcionales puede mejorar el valor nutricional de la carne sin incrementar los costos de producción. La proteína es un nutriente clave para la dieta humana, y su incremento en carne de gallina representa un beneficio directo para la seguridad alimentaria de comunidades rurales (FAO, 2021). Además, sugiere que los aminoácidos esenciales no se vieron comprometidos por la sustitución parcial de concentrado, indicando que la dieta alternativa satisface necesidades nutricionales sin afectar el rendimiento de las aves.

Desde un enfoque productivo y sostenible, los resultados muestran que la incorporación de verduras y subproductos locales reduce el costo de alimentación, aprovecha recursos regionales y genera

un modelo circular de producción eficiente. Esto es especialmente relevante para pequeños productores rurales, quienes dependen de insumos accesibles y nutritivos (Soler et al., 2017). Asimismo, el uso de ajo y cebolla podría aportar beneficios adicionales a la salud de las aves, como efectos antimicrobianos y antioxidantes, mejorando el bienestar animal y la calidad sanitaria de la carne (Kim et al., 2019).

Conclusiones

El estudio mostró que incluir verduras y subproductos locales, como ajo y cebolla, en la dieta de gallinas ponedoras Rhode Island Red mejora la calidad nutricional de la carne sin afectar sus propiedades físicas. Aunque pH, capacidad de retención de agua, pérdida por cocción, humedad y cenizas no variaron significativamente, la dieta alternativa redujo grasa y aumentó proteína, evidenciando efectos positivos de los compuestos bioactivos sobre el metabolismo lipídico. Esta estrategia, económica y sostenible, aprovecha recursos locales, fortalece la seguridad alimentaria y la economía rural, y puede integrarse sin comprometer la salud ni el bienestar de las aves.

Referencias

- Abdalla, A. A., Mohamed, R. S., & Ahmed, M. A. (2018). Effects of vegetable by-products in poultry diets on growth performance and meat quality. *Journal of Animal Science*, 96(4), 1523–1531. <https://doi.org/10.1093/jas/sky050>.
- FAO. (2021). *FAO statistical yearbook 2021: World food and agriculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Kim, H., Kim, J., & Cho, J. H. (2019). Effect of dietary garlic and onion powder on growth performance, blood parameters and meat quality of broilers. *Poultry Science*, 98(7), 2803–2811. <https://doi.org/10.3382/ps/pez043>
- Mujahid, A., Aleem, M., & Khan, R. U. (2020). Influence of feeding strategies on quality traits of poultry meat. *Poultry Science Review*, 8(2), 45–60.
- Nalle, C. L., Bregendahl, K., & Grimes, J. L. (2019). Dietary influences on poultry meat quality: A review. *Poultry Science*, 98(10), 4012–4024. <https://doi.org/10.3382/ps/pez184>
- Saleh, F. A., El-Sayed, A. A., & El-Hack, M. E. A. (2021). Functional additives in poultry diets: Impacts on meat quality and health. *Animals*, 11(4), 1032. <https://doi.org/10.3390/ani11041032>

- Soler, C., González, J., & Rodríguez, M. (2017). Alternative feed ingredients for small-scale poultry production: Nutritional and economic assessment. *Tropical Animal Health and Production*, 49(5), 987–995. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1295-3>
- Windisch, W., Schedle, K., Plitzner, C., & Kroismayr, A. (2008). Use of phytogenic products as feed additives for swine and poultry. *Journal of Animal Science*, 86(14 suppl), E140–E148. <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0447>
- AOAC. (2022). *Official methods of analysis of AOAC International* (21st ed.). AOAC International.

Currículo corto de los autores

- Licenciada en Medicina Veterinaria Zootecnista (UIEPA), 2025.
- Doctora en Ciencias en Agroecosistemas tropicales (COLPOS), 2020.
- Doctor en Ciencias en Ecole Supérieure Agronomique de Rennes, 2007.
- Maestro en Ciencias Agrarias Especialización en biotecnologías, 2024.

Selenometionina: clave en la respuesta génico-reproductiva de folículos preovulatorios de ovejas

L Miranda Jiménez, E R Guzmán Landeros*, A R Quero Carrillo.

Resumen: Se analizaron los niveles de expresión génica en 36 folículos preovulatorios extraídos de ovarios de oveja obtenidos en un rastro municipal del municipio de Texcoco, Estado de México. El experimento consistió en la comparación de dos grupos: testigo y tratamiento con selenometionina. La incubación se realizó durante 24 horas, las muestras de ARN total se procesaron en la Unidad de Microarreglos de ADN de la Universidad Nacional Autónoma de México. La hibridación de ADNc se realizó usando microarreglos de ratón M22K_11_06 con adición de Alexa-555 y Alexa-647. El espectro de fluorescencia emitido por cada sonda del microarreglo se almacenó en una matriz de datos, los cuales fueron normalizados usando el paquete estadístico GenArise. Datos con valores de puntuación de z de entre 1 y 1.5 se consideraron para realizar el estudio de DEGS (genes diferencialmente expresados). De 22,000 genes hibridados, se contó con 11,356 lecturas para utilizarse en análisis posteriores; después de eliminar genes no asociados y no identificados se contó con 11,356 lecturas para utilizarse en los análisis posteriores. La identificación de los genes pertenecientes a oveja (*Ovis aries*) se realizó con la librería DAVID, obteniéndose el total de 5,797 genes específicos de esta especie. Las rutas de DEGS con interés específico en la investigación fueron los involucrados en transporte de colesterol y apoptosis. Para explorar estas rutas, se realizó análisis de agrupamiento con el programa DAVID (<https://david.ncifcrf.gov/>). La matriz de genes en *Ovis aries* se utilizó para la anotación de términos basados en ontología de genes (GO; por sus siglas en inglés) y Kioto para Genes y Genomas (KEGG).

La visualización de la interacción génica de las vías (red génica) se realizó con el programa Cytoscape v3.7.2. Se localizaron 15 genes que intervienen en el transporte de colesterol y que se involucran

directamente con SCARB-1, para el proceso de apoptosis. Se concluye que dos procesos foliculares: transporte de colesterol y apoptosis son controlados por acción mutagénica y que el selenio en forma de selenometionina, aplicado al cultivo *in vitro* de folículos preovulatorio de oveja produjo no solo la sobreexpresión, sino también, la sub-expresión de genes que intervienen en la regulación de estos eventos.

Introducción

Los ovinos y caprinos son especies distribuidas mundialmente, crecen y se desarrollan en todos los ecosistemas. En América Latina, se estima una población de más de 80 millones de cabezas, la mayoría concentradas en países como Brasil, Argentina, Perú, Bolivia, México y Uruguay; países donde su cría constituye una actividad que genera gran impacto en la economía y alimentación de comunidades rurales y pequeños campesinos. En estas regiones, los sistemas se caracterizan por utilizar animales criollos, los cuales son manejados de forma tradicional, lo que los hace menos competitivos frente a países de Asia y Europa, que se perfilan como los principales productores de carne, leche y lana (Mueller, 2017).

El manejo de la nutrición enfocado a mejorar la reproducción en los sistemas ganaderos de este tipo social generalmente no existe y los animales son alimentados limitándose estrictamente al pastoreo; en efecto, solo un escaso grupo de productores habitualmente ofrecen suplementación mineral de tipo comercial a sus animales, sin embargo, estas formulaciones no permiten determinar la calidad y cuantificar los minerales consumidos por los animales, los cuales son de gran valor biológico, ya

que constituyen del 4 al 6% del peso corporal y no se encuentran en forma inerte en el organismo sino que forman parte de muchas funciones fisiológico reproductivas. El hecho de incrementar la eficiencia reproductiva en hembras se manifiesta en incremento y número de crías por año y, por ende, incremento en ingresos familiares. Debido a esto surge la necesidad de innovar en la generación de conocimiento básico para identificar el impacto que tiene la suplementación mineral en la expresión génica que modula parámetros reproductivos, tales como; incremento de folículos en desarrollo, tasa ovulatoria, pubertad, fertilidad, prolificidad, partos gemelares, entre otros. El selenio es un oligoelemento esencial para múltiples procesos biológicos, su relevancia en fisiología reproductiva está fundamenta en la participación ejercida como cofactor de las selenoproteínas, grupo de enzimas antioxidantes y reguladoras que desempeñan funciones críticas en la homeostasis celular; por lo tanto, podría ser partícipe del control en el progreso de la vida o muerte celular (ciclo celular y/apoptosis). En hembras ovinas, el papel del selenio se vincula tanto al desarrollo folicular como a la transición del folículo preovulatorio a cuerpo lúteo, procesos esenciales para garantizar la fertilidad y el éxito reproductivo (Ahsan *et al.*, 2014). Estos eventos, altamente dependientes de la sincronización entre señales endocrinas y moleculares, pueden ser modulados significativamente por la disponibilidad de microminerales. La deficiencia de selenio en hembras ovinas ha sido asociada con trastornos reproductivos como la anovulación, la formación de cuerpos lúteos de corta vida funcional y menor tasa de concepción. Estos efectos adversos subrayan la importancia de suplementar de forma adecuada con selenio a las hembras, especialmente cuando las dietas pueden ser deficientes en este micronutriente. Por otro lado, también, el exceso de selenio puede resultar tóxico, y afecta negativamente la salud general de los ovinos, lo que resalta la necesidad de procurar el balance de este elemento en los programas de nutrición (Surai *et al.*, 2019).

Considerando la relevancia del selenio en la función reproductiva de los ovinos, este trabajo fue diseñado para analizar el impacto de la suplementación de selenio en la expresión génica y su influencia en el desarrollo de los folículos preovulatorios de ovejas,

en condiciones de cultivo *in vitro*. La hipótesis subyacente, es que el selenio mejora la fertilidad a través de su acción en el movimiento de colesterol; además de ser actor en otros procesos biológicos que impliquen homeostasis celular (como la apoptosis). Todo esto, para a futuro traducirse en aumento en la eficiencia reproductiva de las ovejas. Así como, la comprensión de la interacción entre suplementación mineral y expresión génica; en el contexto reproductivo y productivo y, como consecuencia *a posteriori* aportar información valiosa para optimizar los programas de manejo en la producción animal, promoviendo el mejoramiento genético a través de prácticas de nutrición precisas y basadas en la fisiología.

Materiales y Métodos

Se obtuvieron ovarios de ovejas de lana de razas mixtas sexualmente maduras, inmediatamente después de ser sacrificadas en un rastro del municipio de Texcoco Estado de México (rastro el

Rojo, Carretera Federal 136). De estos ovarios se extrajeron los folículos preovulatorios que se colocaron en 100 mL de solución salina estéril con el 0.01% de antibiótico de amplio espectro (Gentaerba, PISA Sulfato de Gentamicina base 10 g, Vehículo cbp 100 mL), solución que se mantuvo a temperatura de 4°C; con hielo, hasta llegar al laboratorio. En el laboratorio, se retiró el tejido y ligamentos circundante al ovario, se lavaron de dos a tres veces con la misma solución

hasta que los ovarios quedaron limpios. Con ayuda de un microscopio estereoscópico (Stemi 305, Trino, C/cámara digital; AxioCam ERC5S), se identificaron los folículos y se midió el diámetro

utilizando un vernier electrónico (Carbon Fiber, Composites), se seleccionaron solo los folículos preovulatorios con diámetro $\geq 6\text{mm}$ y fueron extraídos utilizando tijeras, bisturí y pinzas de disección; todo en condiciones estériles. Los folículos se mantuvieron en solución salina y medio esencial mínimo (MEM de Sigma-Aldrich-Merck, KGaA, Filial Toluca, Estado de México),

solución a la que se adicionó antibiótico de amplio espectro (Gentaerba PISA Sulfato de Gentamicina base 10 g, Vehículo cbp 100 mL); con base en un estudio realizado por Miranda y Murphy (2007), para

cultivo de células de la granulosa. Se seleccionaron 36 folículos preovulatorios y se colocaron 3 folículos por tubo (tipo eppendorf

de 2 mL) con 1 mL de medio de cultivo, para ser un total de 36 folículos. Los folículos preovulatorios se dividieron en 2 grupos en forma aleatoria, a uno de los cuales se les aplicó selenometionina (tratamiento) y el otro sirvió como testigo. En cada grupo se tuvieron 6 unidades experimentales (3 folículos en un tubo eppendorf). El grupo testigo consistió en MEM con 100 UI mL⁻¹ de gonadotropina coriónica equina (eCG) y antibiótico de amplio espectro al 0.01%. Al grupo tratamiento se le adicionó 10 ng mL⁻¹ de selenometionina. La incubación, se realizó durante 24 horas bajo las siguientes condiciones, 37°C en aire humidificado al 95 % con 5% CO₂ según lo descrito por Pescador *et al.* (1999). Al suspender el cultivo, los folículos fueron retirados del medio de cultivo y se enjuagaron con medio de cultivo fresco para colocarlos en tubos eppendorf nuevos y congelarlos en nitrógeno líquido y se almacenaron a -80°C hasta el momento en que se extrajo el ARN. El ARN total de los folículos se extrajo utilizando TRIzol (TRIzolTM Reagent, Invitrogen) de acuerdo con las instrucciones del producto. El ARN obtenido se evaluó cuantitativa y cualitativamente mediante absorbancia utilizando espectrofotómetro ND-2000 NanoDrop

(NanoDrop, Thermo Scientific) y geles de agarosa al 1.5 % (Sigmaaldrich) con base en un protocolo establecido por Green y Sambroock (2012). Las muestras de ARN total se procesaron en la Unidad de Microarreglos de ADN de la Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Fisiología celular, Unidad de Microarreglos (<http://microarrays.ifc.unam.mx/>), para lo cual, del ARN total se sintetizó ADNc con el kit para transcriptasa reversa (SuperScript IV TM, Reverse Transcriptase; INVITROGEN), el ADNc se hibridó con chip para microarreglo de ratón M22K_11_06 y adición de Alexa-555 y Alexa-647. Después, el escáner de fluorescencia emitido por cada sonda del microarreglo arrojó una matriz de salida de datos que fueron normalizados con el paquete estadístico GenArise, el cual compara la expresión génica entre diferentes condiciones experimentales; en este caso folículos cultivados con selenio y sin selenio, para este análisis se asignó valor de puntuación de z de entre cero y dos, que se consideró para realizar el

estudio de genes diferencialmente expresados (DEGS, por sus siglas en inglés). Para el caso específico de la interacción génica de transporte de colesterol, se consideraron como DEGS con valor de puntuación de z de 1 a 1.5. Para explorar las rutas biológicas afectadas por el tratamiento con selenometionina, se realizó análisis de agrupamiento con el programa DAVID (<https://david.ncifcrf.gov/>) utilizando la columna de símbolos de la matriz, el programa transformó los datos a formato de símbolo génico oficial e identificó los genes correspondientes a ovino (*Ovis aries*). La matriz de genes en *Ovis aries* se utilizó para la anotación de términos basados en: ontología de genes (GO; por sus siglas

en inglés) y Kioto para Genes y Genomas (KEGG). La visualización de la interacción génica de las vías (red génica) implicadas con *Scarb* se realizó con el programa Cytoscape v3.7.2.

Resultados

En total 22,000 genes fueron hibridados, después de eliminar genes no asociados y no identificados

se contó con 11,356 lecturas para utilizarse en los análisis posteriores. La identificación de los genes pertenecientes a oveja (*Ovis aries*) se realizó con la librería DAVID, obteniéndose el total de 5,797 genes específicos de esta especie (Figura 1).

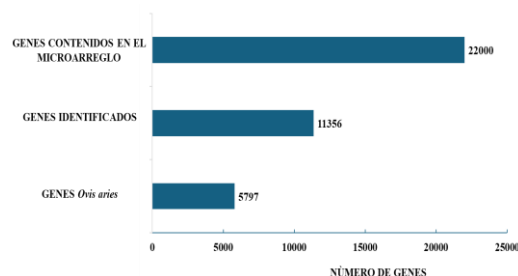


Figura 1. Tamizaje de genes de oveja a partir de genes obtenidos con microarreglo diseñado para ratón.

Para identificar los genes diferencialmente expresados (DEGs), se aplicó un umbral de puntuación de z entre 1 y 1.5, lo que permitió seleccionar 815 genes regulados diferencialmente en folículo preovulatorio de oveja en respuesta al tratamiento con selenio. Estos genes se agruparon en

tres categorías principales; mediante análisis de agrupamiento funcional utilizando DAVID/GO: componente celular (CC), función molecular (FM) y proceso biológico (PB) (Cuadro 1). De estas categorías la de menor porcentaje fue PB, dentro de la que se localizó la expresión de *Scarb1*.

Cuadro 1. Distribución de genes en tres grupos (CC, FM, PB), con porcentajes correspondientes respecto al total de 815 (100%) genes activados en folículo preovulatorio con tratamiento de selenometionina.

GRUPO	GENES	%
Componente celular	743	91.3
Función molecular	721	88.6
Proceso biológico	715	87.8

También, se pudo determinar la relación de *Scarb1* con: *Arvl*, *Soat1*, *Npc2*, *Apoa2*, *Lcat*, *Abca7*, *ApoE*, además de otros. Todos estos involucrados de alguna manera en el metabolismo de lípidos y transporte de colesterol (Figura 2). *Scarb1* codifica la proteína SR-B1; Considerada como receptor de membrana celular responsable del transporte de colesterol, paso crítico para la síntesis de esteroides.

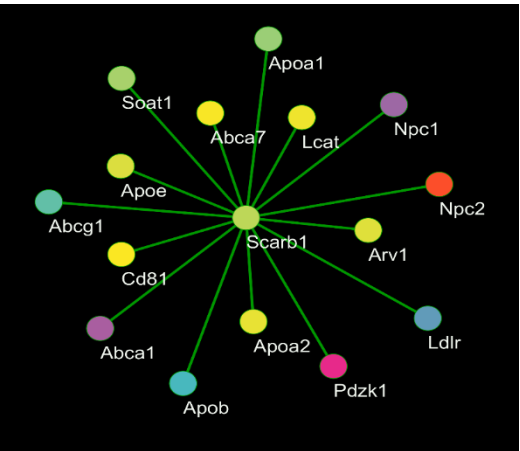


Figura 2. Red de co-expresión génica implicada en el transporte de colesterol en folículos preovulatorios

de oveja, cultivados in vitro y expuestos a selenometionina.

Apoptosis folicular en ovejas: regulación genica por selenometionina

La apoptosis en folículos ováricos involucra la participación tanto de genes proapoptóticos como antiapoptóticos, la expresión de estos genes está finamente regulada por factores intra y extracelulares. La apoptosis, o muerte celular programada es un suceso fisiológico regulador de la atresia folicular. En las ovejas y otras hembras de mamíferos, los folículos ováricos atraviesan etapas de crecimiento y diferenciación antes de la ovulación. Durante este tiempo, la apoptosis resulta crucial para eliminar folículos que no son aptos para alcanzar la dominancia y la ovulación (McGee y Hsueh, 2022).

Como todo evento fisiológico la apoptosis está regulada por participantes génicos que la promueven, tal es el caso de *Bax* y *Bak* conocidos por actuar en la promoción de apoptosis; esto lo hacen a través de la permeabilización de la membrana mitocondrial que es un paso crítico en la vía intrínseca de la apoptosis (Korsmeyer *et al.*, 2015), la célula activa la vía intrínseca, ante el efecto de elementos tóxicos, daño de ADN, estrés oxidativo e isquemia, entre otros. Además, en el momento oportuno, se observa la presencia de genes antiapoptóticos como *Bcl-2* y *Bcl-xl* que inhiben la apoptosis por bloqueo de la permeabilización membranar mitocondrial, promoviendo la supervivencia celular (Youle y Strasser, 2019).

Estudios recientes han indicado que debe existir equilibrio entre las señales proapoptóticas y antiapoptóticas, que se pudiera nombrar: “homeostasis de la expresión génica” ésta es fundamental para control del destino de los folículos ováricos. La pérdida del equilibrio en la expresión génica puede conducir a trastornos en la función ovárica y la fertilidad (Youle y Strasser, 2019). Ante la pérdida en equilibrio de factores apoptóticos también puede observarse atresia folicular exacerbada o inhibición de la misma; lo que podría resultar en cáncer, folículos persistentes, presencia de uno o más folículos dominantes (Youle y Strasser, 2019) y estos degenerar en quistes foliculares.

La expresión y la actividad de genes de apoptosis folicular están orquestadas por actividad hormonal; al respecto los actores principales son el factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-1) y el factor de crecimiento transformante beta (TGF- β) (Monniaux *et al.*, 2018). Sin embargo, hablar de solo estos genes es limitativo para este proceso, dado que, se trata de un control multifactorial. Por ejemplo, el selenio como micromineral y antioxidante puede influir en el equilibrio génico del foliculo al reducir el efecto tóxico y acumulación celular de radicales libres. En estudios anteriores se ha determinado que la aplicación de selenio a células de la granulosa da como resultado incremento en la actividad esteroideogénica (Basini y Tamanini, 2000). Este resultado es reflejo positivo de la sanidad y fisiología normal del foliculo que puede continuar en desarrollo hasta convertirse en preovulatorio.

La selenometionina, una forma orgánica del selenio ha mostrado efectos antioxidantes y protectores en diversos sistemas fisiológicos, incluyendo la reproducción; específicamente aumento en el número de folículos y cuerpos lúteos (Vázquez *et al.*, 2017).

Estudios sugieren que la selenometionina modula la expresión génica asociada a la apoptosis, alterando así el destino celular en sistemas *in vitro* (Gupta, 2011).

El presente estudio se centró en la identificación y caracterización de genes que activan o inhiben la apoptosis en folículos preovulatorios *in vitro* provenientes de ovejas y que son expuestos a selenometionina. Para este estudio, se analizaron genes clasificados en diferentes procesos y vías apoptóticas; incluyendo el proceso apoptótico general, vías intrínsecas, vía extrínseca, señalización apoptótica y su regulación positiva y negativa.

La clasificación funcional en base a GO arrojó grupos de genes que participan en el proceso apoptótico en general, sin embargo, para este caso además se consideraron otros cuatro términos: fase de la vía de señalización que puede darse; ya sea por la vía extrínseca o por la vía intrínseca. Los genes de estas vías activan a otros genes que culminan en la fase de ejecución de la apoptosis (Figura 3).

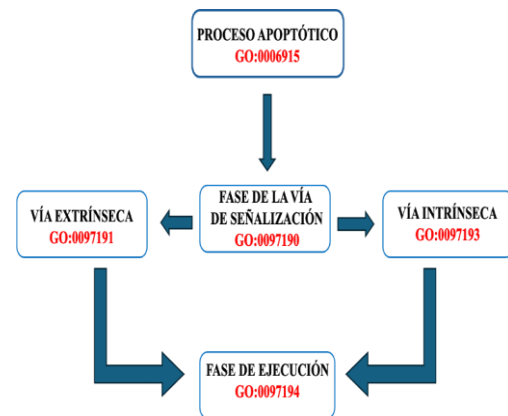


Figura 3. Términos Go analizados a los cuales se asocian los genes diferencialmente expresados.

Del total de genes involucrados en la apoptosis (46 genes): 12 genes pertenecen al proceso apoptótico general, 3 genes a la señalización apoptótica, 3 genes a la vía apoptótica extrínseca, 3 genes a la vía apoptótica intrínseca y 1 gen a la fase de ejecución de la apoptosis; adicionalmente, se identificaron 24 genes relacionados con la regulación positiva o negativa de la apoptosis.

El análisis de la expresión génica reveló activación global de los procesos apoptóticos en los folículos preovulatorios tratados, evidenciado por la regulación diferencial de múltiples genes vinculados al término GO:0006915 (proceso apoptótico). En particular, se observó la sobreexpresión significativa de genes clave promotores de apoptosis, destacando Pten (homólogo de fosfatasa y tensina) un regulador negativo de la vía PI3K/AKT, que normalmente promueve la supervivencia celular. Cuando Pten está activado (sobre-expresado), inhibe PI3K/AKT y eso activa la apoptosis, particularmente a través de la vía mitocondrial, al permitir la translocación de Bax/Bak a mitocondrias y liberar citocromo c.

Ifi2712a (Interferon alpha-inducible protein 27 like 2a), también en este caso sobre-expresado, es un gen inducido por interferones tipo I (IFN-I). Se ha vinculado a procesos apoptóticos mediados por estrés y daño celular, incluyendo la apoptosis mitocondrial. Aunque menos estudiado, hay evidencia de que

Ifi2712a puede actuar al inicio de señales de estrés o supresión de vías de supervivencia, como PI3K/AKT.

Además, se evidenció sobreexpresión de Ripk3, el cual induce necroptosis y de igual forma puede modular rutas apoptóticas clásicas.

La activación mitocondrial de la apoptosis se corroboró con el aumento en la expresión de Aifm1, una flavoproteína implicada en la liberación de factores proapoptóticos desde la mitocondria. Genes adicionales como Tnfaip8, Csrnp3, Casp6, Wwox y Tfpt, todos ellos relacionados con la facilitación de la cascada apoptótica, mostraron niveles aumentados, reforzando la hipótesis de una activación transcripcional coordinada del programa apoptótico.

En contraste, algunos genes clave mostraron una represión significativa, sugiriendo mecanismos de retroalimentación o rutas de apoptosis no convencionales. En particular, Vdac1, canal mitocondrial esencial para la liberación de citocromo c, se encontró reprimido, lo cual podría limitar la ejecución clásica de apoptosis o reflejar un mecanismo de modulación fina de la muerte celular. De igual modo, genes de la vía Hippo como Stk4 y Sav1, así como el miembro pro-apoptótico Bcl2l14, presentaron disminución en su expresión.

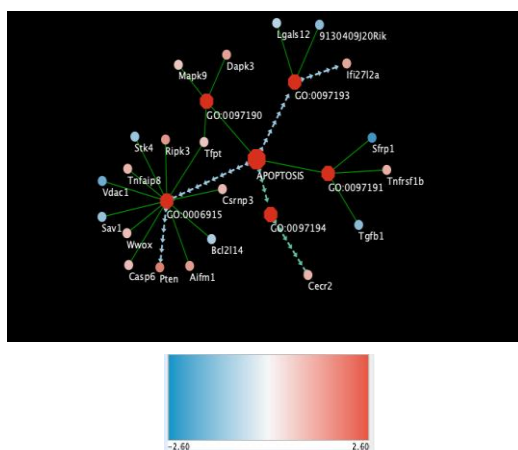


Figura 4. Rutas génicas involucradas con apoptosis de folículos preovulatorios expuestos in vitro a selenometionina. Flechas discontinuas en color azul claro, muestran la ruta intrínseca de activación de apoptosis. Flechas en color verde muestran la ruta ejecutora de apoptosis, GO:0006915: Proceso apoptótico, GO:0097190: Vía de señalización apoptótica, GO:0097191: Vía de señalización

apoptótica extrínseca, GO:0097193: Vía de señalización apoptótica intrínseca, GO:0097194: Fase de ejecución de la apoptosis.

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio aportan evidencia sólida sobre el papel de la selenometionina como modulador clave en la fisiología de los folículos preovulatorios ovinos, al regular tanto rutas de señalización relacionadas con la esteroidogénesis como procesos de muerte celular programada. Esta dualidad resalta la versatilidad del selenio en la reproducción, con implicaciones directas en la calidad ovocitaria y en la competencia reproductiva de las ovejas.

En primer lugar, se demostró que la selenometionina favorece la expresión de genes implicados en la movilización y transporte de colesterol, particularmente **Scarb1**, lo que sugiere una activación del receptor SR-B1 y, por ende, una potenciación de la esteroidogénesis en los folículos preovulatorios. Este hallazgo es congruente con reportes previos que destacan la importancia del colesterol como precursor para la síntesis de esteroides y hormonas sexuales (Stocco, 2000; Wantanabe et al., 2014). Además, la expresión detectada en folículos, y no únicamente en cuerpos lúteos como lo habían señalado Jiménez et al. (2010), podría reflejar el inicio de procesos de diferenciación hacia la luteinización.

De manera paralela, el tratamiento con selenometionina moduló significativamente la expresión de genes relacionados con la **apoptosis y la necroptosis**, revelando un perfil mixto de regulación. Se observó sobreexpresión de genes proapoptóticos como **Pten**, **Ripk3**, **Casp6** y **Dapk3**, lo que sugiere una activación de vías tanto mitocondriales como extrínsecas de muerte celular programada. Al mismo tiempo, se registró represión de genes como **Tgfb1**, **Vdac1**, **Sav1** y **Sphk2**, lo que indica la existencia de mecanismos compensatorios o de modulación fina que evitan una apoptosis masiva que comprometa la viabilidad folicular. Este patrón mixto coincide con la fisiología preovulatoria, donde la apoptosis controlada es esencial para la eliminación de células de granulosa y la remodelación tisular previa a la ovulación (Green y Llambi, 2015).

La sobreexpresión de **Ripk3** resulta particularmente relevante, dado que este gen actúa como nodo de decisión entre apoptosis y necroptosis, dependiendo del contexto celular (Moriwaki y Chan, 2013; Newton, 2015). Su activación en este estudio sugiere que la selenometionina no solo induce la preparación del folículo para la ovulación, sino que también regula rutas alternativas de muerte celular asociadas con el estrés oxidativo y la inmunomodulación, integrando de este modo señales metabólicas e inflamatorias.

Estos hallazgos refuerzan la hipótesis de que el selenio ejerce un efecto **contextual dual**: protector en células viables mediante su acción antioxidante y proapoptótico en células dañadas o en transición hacia la luteinización. De esta manera, la selenometionina contribuye tanto a la preservación de la integridad ovocitaria como a la remodelación tisular necesaria para la ovulación, manteniendo la homeostasis del folículo (Agarwal et al., 2005; Miranda et al., 2024).

Desde una perspectiva aplicada, la regulación simultánea de la esteroidogénesis y de los procesos de apoptosis selectiva posiciona al selenio como un micronutriente estratégico en la optimización de la fertilidad ovina. La selenometionina podría integrarse en programas de manejo nutricional para mejorar la calidad folicular y, en consecuencia, la eficiencia reproductiva. Asimismo, en sistemas de cultivo in vitro, la capacidad del selenio para inducir una apoptosis controlada y preservar células clave del folículo lo convierte en un potencial coadyuvante en biotecnologías reproductivas orientadas a la maduración ovocitaria y a la producción de embriones viables.

Conclusión

la selenometionina emerge como un regulador multifacético de la fisiología folicular ovina, al integrar la activación de rutas esteroidogénicas con la modulación precisa de procesos de muerte celular programada. Estos resultados no solo amplían el entendimiento del papel del selenio en la reproducción animal, sino que también abren perspectivas para su aplicación en estrategias nutricionales y biotecnológicas destinadas a mejorar la función reproductiva en ovejas y otros rumiantes.

Literatura citada

- Mueller, J. P. (2017) Programas de mejora genética de rumiantes menores basados en comunidades. *Arch. Latinoam. Prod Anim*; 25:61-75.
- Ahsan, U., Kamran, Z., Raza, I., Ahmad, S., Babar, W., Riaz, M. H., & Iqbal, Z. (2014). Role of selenium in male reproduction: A review. *Animal Reproduction Science*, 146, 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2014.01.009>
- Miranda-Jiménez, L., Murphy, B. D. (2007) Lipoprotein receptor expression during luteinization of the ovarian follicle. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 293(4):E1053-61. doi: 10.1152/ajpendo.00554.2006.
- Pescador, N, Stocco, D. M., & Murphy, B. D. (1999). Growth factor modulation of steroidogenic acute regulatory protein and luteinization in the pig ovary. *Biology of reproduction*, 60(6), 1453-1461.
- Green, M. & Sambrook, J. (2012). *Molecular Cloning: A Laboratory Manual*. 4th Edition, Vol. II, Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York.
- McGee, E. A., & Hsueh, A. J. (2022). Initial and cyclic recruitment of ovarian follicles. *Endocrine Reviews*, 43(4), 490-512. <https://doi.org/10.1210/endrev/bnab044>.
- Korsmeyer, S. J., Cheng, E. H. Y., & Wei, M. C. (2015). BAX and BAK regulate mitochondrial response to apoptotic stimuli. *Molecular Cell*, 58(3), 705-711. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2015.03.021>.
- Youle RJ, & Strasser A. (2019). The BCL-2 protein family: opposing activities that mediate cell death. *Nature Reviews Molecular Cell Biology*, 20(1), 47-59. <https://doi.org/10.1038/s41580-018-0089-8>.
- Monniaux, D., Huet, C., & Saumande, J. (2018). Development of follicles in the mammalian ovary and their control by FSH and LH. In R. Renaville & A. Burny (Eds.), *Biotechnology in Animal Husbandry* (pp. 191-206). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-011-5466-3_12.
- Basini G. & Tamanini C. (2000). Selenium stimulates estradiol production in bovine granulosa cells: possible involvement of nitric oxide. *Domestic Animal Endocrinology* 18: 1-17.
- Vázquez-Hernández, S. D., Miranda-Jiménez, L, Segura-León, O, & Quero-Carrillo, A. R. (2017). Desarrollo de folículos y cuerpo lúteo en cabras como respuesta al suministro de selenio. *Agroproductividad*, 10 (2), 15-18.

https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=Cabrera+mora+J&btnG

Stocco, D. (2000). The role of the StAR protein in steroidogenesis: challenges for the future. *Journal of Endocrinology*, 164(3), 247-253. Retrieved Nov 22, 2024, from <https://doi.org/10.1677/joe.0.1640247>

Watanabe, Y., Tatsumi, R., & Shimogori, T. (2014). Selenium and selenoprotein involvement in cholesterol metabolism and steroidogenesis. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 25(1), 48-55. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2013.08.008>.

Jiménez, L. M., Binelli, M., Bertolin, K., Pelletier, R. M., & Murphy, B. D. (2010). Scavenger receptor-B1 and luteal function in mice. *Journal of lipid research*, 51(8), 2362-2371.

Green, D. R. & Llambi, F. (2015). Cell Death Signaling. *Cold Spring Harb Perspect Biol*. Dec 1;7(12): a006080. [https://doi: 10.1101/cshperspect.a006080](https://doi.org/10.1101/cshperspect.a006080)

Newton, K. (2015). RIPK1 and RIPK3: critical regulators of inflammation and cell death. *Trends Cell Biol*;25(6):347-53. [https://doi: 10.1016/j.tcb.2015.01.001](https://doi.org/10.1016/j.tcb.2015.01.001)

Agarwal, A., Gupta, S. and Sharma, R. K. (2005). 'Role of oxidative stress in female reproduction', *Reproductive Biology and Endocrinology*, 3, pp. 1–21. doi: 10.1186/1477-7827-3-28.

Miranda-Jiménez, L. et al. (2024) 'Selenium affects genes associated with immunity and apoptosis in *in vitro* follicles of ewes', *Austral Journal of Veterinary Sciences*, 56(1), pp. 15–24. doi: 10.4206/ajvs.561.05.

Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, Colegio de Postgraduados, *Campus Montecillo*.

Currículo corto de los autores

Erick Ramón Guzmán Landeros, Médico Veterinario Zootecnista Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (2015). Maestro en Ciencias Agrarias Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna (2018) Alumno de Doctorado en Recursos Genéticos y Productividad Ganadería, Colegio de Postgraduados *Campus Montecillo*.

Leonor Miranda Jiménez, PhD: Universidad de Montreal Ca. (2010). Profesora investigadora del Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, en el Colegio de Postgraduados, *Campus Montecillo*.

Adrián Raymundo Quero Carrillo, PhD. Universidad Texas A&M. (1999). Profesor investigador del

Diseño de bioempaque de almidón de maíz (*Zea mays*) para su aplicación en la industria alimentaria

L. F. Romero-Huerta, M. Nicolás-García*, J. C. Villalobos-Espinosa, M. Florentino-Hipólito, L. Y. García-Santiago, A. Melchor-Mariano, A. Pérez-Téllez, L. O. Colombo-Mendoza, A. Cabrera-Ramírez.

Resumen: La industria alimentaria utiliza plásticos que protegen a los alimentos de cualquier daño físico, químico o microbiológico que pueda alterar su calidad. Actualmente, Puebla produce anualmente alrededor de 10 mil toneladas de plástico, el 9% se recicla, el 18% se incinera y el resto desemboca en vertederos. El objetivo fue elaborar un bio-empaque de almidón de maíz arrocillo (*Zea mays*). La extracción de almidón se realizó por el método húmedo y se deshidrató (45 °C/12 h). Se diseñaron 4 formulaciones del bio-empaque variando el contenido de almidón y vinagre.

El maíz presentó un contenido de humedad de 12.55%, cumpliendo con lo establecido por la NMX-F382-1986 (<15%), cenizas (1.14%) y actividad de agua (aw) de 0.39. El almidón presentó una temperatura de gelatinización de 75 °C, favorable debido a que optimiza el tiempo en la elaboración del bio-empaque, asimismo, mostró una humedad de 6.69%, densidad aparente (0.43 g/mL), aw (0.38) y capacidad de retención de agua de 42.09%. Las características del almidón influenciaron en la humedad y solubilidad del bio-empaque oscilando de 37.06-49.14% y 0.15-0.25%, respectivamente. De acuerdo con el grado de solubilidad el bio-empaque con 3.5 g de almidón puede ser una alternativa para su aplicación en la industria alimentaria.

Palabras Clave: Maíz, almidón, biopelícula, solubilidad.

Introducción

La introducción de los plásticos dentro de la vida cotidiana ha generado un fuerte impacto sobre la forma de vivir hoy en día, debido a su versatilidad y

a sus distintas variantes, son una gran opción para la elaboración de distintos productos, además de tener un rendimiento elevado y su producción es rentable, esto lo convierte en una materia valioso y deseable (Tan et al., 2021).

Sin embargo, el uso excesivo ha generado que el plástico sea de los materiales que más residuos generan en el mundo, sobre todo en países de altos ingresos, esto gracias a que cuenta con una biodegradabilidad que puede durar hasta 400 años, lo que promueve la acumulación de este en el medio (Babaremu et al., 2023).

Debido a que los plásticos tienen una relación resistencia-peso considerable, genera un uso mínimo de material al fabricar recipientes para embalaje, ya que el material dentro del embalaje representa hasta el 3% del peso total del producto, pese a ello, el embalaje es el mayor contribuyente de residuos plásticos, con un el 50% aproximado del peso total (Ncube et al., 2021).

En Puebla se producen anualmente cerca de 10 mil toneladas de plástico. La entidad poblana es una de las zonas con mayor producción de plásticos y mayor consumo. Solo el 9% de los plásticos se reciclan, por otro lado, el 18% se incinera y el 72% restante termina en vertederos, generando una problemática ambiental a gran escala.

Los empaque y envases derivado de petróleo se han empezado a prohibir en una gran parte del mundo puesto que, se ha demostrado el fuerte impacto negativo que genera el uso de estos compuestos al ambiente y a la salud, sumando el hecho de que no son biodegradables, siendo estas suficientes razones por las cuales se ha empezado a sustituir el uso de esos componentes perjudiciales por opciones con un

impacto ambiental menor y que sean biodegradables, ejemplo de ello son los bio-empaques son un tipo de materia que con el pasar de los años ha ido sustituyendo a los envases derivados del petróleo (Gomide et al., 2022).

Es por ello que el presente trabajo de investigación, se enfoca en obtener un bio-empaque con material polimérico (almidón) utilizando como materia prima al maíz arrocillo, mediante un proceso de extracción por método húmedo, utilizando diferentes procesos como son: trituración, sedimentación, decantación, secado, molienda y tamizado, para posteriormente incorporar plastificantes y aditivos que contribuyan a la obtención de la biopelícula con características que permita conservar un producto lácteo, así como también mejorar la calidad de vida útil, disminuir el crecimiento de hongos, levaduras y mantener la apariencia física del alimento.

Materiales y métodos

La metodología se llevó a cabo en los laboratorios del Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, ubicado en el municipio de Teziutlán, Puebla (19.882772, -97.393039).

Materia prima

Para la obtención de almidón se utilizó Maíz (*Zea mays*) tipo arrocillo, variedad de grano amarillo la cual adquirida del mercado local de Teziutlán, Puebla. Este tipo de grano presentó granos de color de pulpa blanca y tamaño mediano.

Parámetros geométricos del maíz arrocillo

Se siguió la metodología de los autores Cheim et al. (2021) con modificaciones, Se tomaron medidas de 50 granos de maíz arrocillo con un vernier para obtener los datos referentes a su largo, ancho y grosor.

Extracción de almidón

El almidón de maíz tipo arrocillo se extrajo según la metodología de Maza-Martínez (2021) con modificaciones. Se remojó el maíz durante 24 h, pasado ese tiempo se licuó el maíz con agua a una proporción 2/5 (m/v) por 45 s. Posteriormente, se

dejó reposar durante 24 h, se decantó y filtro. Finalmente, se sometió a un proceso de secado en un deshidratador de alimentos (Iproods) durante 24 h y 45 °C, el almidón resultante se pulverizó en un molino y almacenó en un frasco de vidrio hermético.

Análisis físico, químico y tecno-funcional del almidón de maíz arrocillo

Los parámetros de densidad aparente (Da) y empacada (De) se determinaron de acuerdo con la metodología descrita por Porras-Saavedra et al. (2015).

La determinación de actividad de agua se determinó con un medidor de actividad de agua. Para medir el pH se realizó una mezcla de harina del maíz en agua destilada a una proporción 1:9 (p/v).

El contenido de humedad y cenizas se determinó por métodos gravimétricos de acuerdo con Madan et al. (2021). Se pesaron 5 g del maíz, se llevó a una estufa de secado a una temperatura de 105 °C durante 24 h y se enfrió. El contenido de cenizas se determinó mediante el método en seco (Calcinación).

La temperatura de gelatinización se determinó mezclando 5 g de almidón en 25 mL de agua destilada y se llevó a baño maría hasta el punto de gelatinización.

La capacidad de retención de agua se evaluó añadiendo 1 g de almidón en un tubo de centrifuga y 10 mL de agua destilada, se centrifugó a 3500 rpm durante 15 min.

Elaboración del bio-empaque

Para la obtención del bio-empaque se diseñaron 4 formulaciones del bio-empaque variando el contenido de almidón y vinagre (p/v): F1 (5 g/5 mL), F2 (5 g/4 mL), F3 (3.5 g/5 mL) y F4 (3.5 g/4 mL), respectivamente. Se agregó 40 mL de agua destilada y se llevó a baño maría (60 °C) con agitación, se agregó vinagre y glicerina llevándolo hasta los 75 °C. Finalmente, se vertió en placas de vidrio y se dejó secar durante 24 h a 45 °C.

Caracterización del bio-empaque de almidón de maíz arrocillo

El contenido de humedad se determinó siguiendo la metodología de Madan et al. (2021) y la solubilidad del bio-empaque de acuerdo con la metodología de Atta et al. (2021). Se cortaron y pesaron partes del bio-empaque (1 x 1 cm), se evaluó en agua destilada a una temperatura de 60 °C durante 3 h. Posteriormente, se filtró el producto separando la parte líquida con la sólida, y de esta última se llevó a secado en una estufa a una temperatura de 105 °C durante 24 h.

Análisis estadístico

Los resultados se reportaron como el promedio $\pm$ desviación estándar. Las diferencias significativas ($p \leq 0.05$) se realizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA por sus siglas en inglés) mediante la prueba de Tukey usando el programa Minitab Statistical Software versión 16.

Resultados y discusión

La **Tabla 1** muestra los parámetros físicos del maíz arrocillo, en donde se puede observar que los granos presentaron un tamaño medio, con alto coeficiente de hidratación y con pocos granos dañados, estos granos brindan información importante debido que de ello depende la accesibilidad del almidón para elaborar bio-empaques. Los parámetros geométricos evaluados en el maíz indica que es alargado, poco esférico y mayormente plano, importante para conocer su comportamiento en el almacenamiento. Netam et al. (2021) mencionan que la cantidad de humedad que los granos absorben durante crecimiento es un factor en las dimensiones geométricas del grano.

En la **Tabla 2** se muestran los parámetros físicos, químicos y tecno-funcionales del almidón. En cuanto al rendimiento de extracción de almidón de maíz Agama et al. (2013) y López et al. (2021) obtuvieron un valor superior con respecto al rendimiento de

almidón obtenido (61.96%), destacan que una de las razones por la que varía este dato se debe al genotipo del maíz, condiciones ambientales durante la extracción y el almacenamiento del grano.

Tabla 1: Análisis físico y geométricos del maíz arrocillo.

Parámetro	Resultado
Peso de 1000 granos (g)	335
Densidad Aparente (g/cm ³)	0.76 $\pm$ 0.01
Densidad (g/cm ³)	0.54 $\pm$ 0.01
Porosidad	27.54 $\pm$ 0.24
Largo (mm)	13.59 $\pm$ 1.24
Ancho (mm)	6.07 $\pm$ 0.66
Grosor (mm)	4.31 $\pm$ 0.60

Se reporta el promedio $\pm$ desviación estándar (n=3).

La densidad aparente (Da) y empacada (De) del almidón de maíz arrocillo se encuentra dentro de los reportado por Erazo (2021) quien obtuvo valores de Da y De de 0.459 g/mL y 0.608 g/mL, respectivamente en almidón de maíz morado. Esto representa que el almidón de maíz arrocillo cuenta con una calidad aceptable, debido a que, al presentar densidades bajas, indica que el contenido de humedad en el almidón es bajo.

El valor de actividad de agua se encuentra dentro del rango reportado por Esparza et al. (2024), que fue de 0.36-0.40, siendo este un valor adecuado para evitar la proliferación de microorganismos en el maíz. Sin embargo, con respecto al pH, los mismos autores reportaron un rango de pH de 6.32-6.44, valores superiores a los obtenidos en esta investigación. Se ha informado que a pesar de que de que este parámetro se asocia con la presencia de ácidos orgánicos en los cereales, estos cambios pueden asociarse con presencia microbiana e influir en las propiedades funcionales.

Con respecto al contenido de humedad supera lo reportado por Madan et al. (2021) quienes reportaron de 9-10%, esta diferencia puede deberse a factores como el método de conservación previo del maíz, la variedad del maíz y el método de cosecha. Con

respecto al contenido de cenizas, Madan et al. (2021) evidenciaron un contenido de 1.32-1.85% en almidón de diversas variedades de maíz, valores superiores al obtenido en el presente estudio, lo que indica que el contenido de material no endopermático dentro del maíz arrocillo es bajo, al igual de su contenido de minerales.

Por otra parte, Maza-Martínez (2021) evaluó los parámetros de contenido de humedad y cenizas en almidón y obtuvo un contenido de 9.88% y 0.53%, respectivamente. Con respecto a la humedad menciona que al tener un almidón con un contenido de humedad muy bajo, el bio-empaque se quebrará. El contenido de cenizas se encuentra dentro de lo establecido en la norma NTE INEN-ISO 3593.

Adama et al. (2013) determinaron que la temperatura de gelatinización en el maíz blanco fue de 75.4 °C, un valor inferior a comparación al del maíz arrocillo, esto puede deberse a que el almidón de maíz arrocillo cuenta con una cantidad de amilopectina alta.

Tabla 2: Análisis físico, químico y tecno-funcional del almidón de maíz arrocillo.

Parámetro	Resultado
Rendimiento de Almidón (%)	38.95
Densidad aparente (g/mL)	0.43 ± 0.01
Densidad empacada (g/mL)	0.61 ± 0.02
pH	4.23 ± 0.15
Actividad de agua	0.39 ± 0.01
Humedad (%)	12.55 ± 0.00
Cenizas (%)	1.14 ± 0.00
Temperatura Gelatinización (°C)	75 ± 2.51
Capacidad de retención de agua	42.09±0.24

Se reporta el promedio ± desviación estándar (n=3).

En la **Tabla 3** se muestra los parámetros evaluados en el bio-empaque. Con respecto a la solubilidad del

bio-empaque, los resultados obtenidos se encuentran dentro de los reportados por Maza-Martínez (2021) y Atta et al. (2021) en biopelículas de almidón de maíz chulpi (*Zea mays Amylosaccharata*) y celulosa, los autores evidenciaron que este parámetro demuestra que estos biomateriales pueden resistir el contacto con el agua, siendo una alternativa amigable con el ambiente.

Tabla 3: Análisis al bio-empaque de almidón de maíz arrocillo.

Formulación	CA	CV	S	H
F1	5	5	0.15 ± 0.00 ^b	39.53 ± 0.29 ^c
F2	5	4	0.24 ± 0.00 ^a	37.06 ± 0.12 ^d
F3	3.5	5	0.15 ± 0.00 ^b	49.14 ± 0.14 ^a
F4	3.5	4	0.24 ± 0.00 ^a	46.91 ± 0.01 ^b

Se reporta el promedio ± desviación estándar (n=3).

Valores con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$). CA: Cantidad de almidón (g); CV: Cantidad de vinagre (mL); S: Solubilidad del bio-empaque (%); H: Contenido de humedad (%).

Conclusiones

De acuerdo con el grado de solubilidad en agua la formulación 4 puede ser una alternativa para su aplicación en la industria alimentaria. La elaboración de un bio-empaque permitirá obtener un material biodegradable para su aplicación de forma efectiva y sostenible mediante el uso de recursos renovables contribuyendo con los objetivos de Desarrollo sostenible (ODS 12: Producción y Consumo Sostenible, ODS 13: Acción por el Clima y ODS 15: Vida de Ecosistemas Terrestres).

Referencias

Agama-Acevedo, E., Juárez-García, E., Evangelista-Lozano, S., Rosales-Reynoso, O. L., & Bello-Pérez,

L. A. (2013). características del almidón de maíz y relación con las enzimas de su biosíntesis. *Agrociencia*, 47 (1), 1-12. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-31952013000100001&script=sci_arttext

Atta, OM, Manan, S., Ahmed, AAQ, Awad, MF, Ul-Islam, M., Subhan, F., ... y Yang, G. (2021). Desarrollo y caracterización de biopelículas de celulosa antimicrobianas con levadura incorporada para su aplicación en envases comestibles. *Polímeros*, 13 (14), 2310. <https://doi.org/10.3390/polym13142310>

Babaremu, K., Oladijo, O. P., & Akinlabi, E. (2023). Biopolymers: A suitable replacement for plastics in product packaging. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, 6 (4), 333-340. <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2023.01.001>

Cheim, LMG, Costa, FM, Silva, NDA, Caneppele, C., Cesar, ALTMS, Rossignoli, PA y Faria, ADM (2021). Caracterización de las semillas de una raza autóctona de maíz palomero (*Zea mays* L. subsp. *mays*) cultivada en un sistema orgánico mediante agricultura familiar. *Investigación, Sociedad y Desarrollo*, 10 (4). <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17141>

Erazo, H. M. (2021). Formulación y caracterización de una biopelícula a partir de almidón de maíz morado (*Zea mays* L.) para el embalaje de alimentos. <https://dspace.esPOCH.edu.ec/items/5ec93a6f-c96b-49e9-a9f2-263ae0bde012>

Esparza, L. M. A., Gómez-Rodríguez, V. M., Vega, H. R., Estrada, S. H., Hernández-Villaseñor, L. A., & de la Mora, B. Z. V. (2024). Propiedades nutricionales, fisicoquímicas, funcionales, compuestos fenólicos y actividad antioxidante de harinas de tres accesiones de maíz azul nativo de México. *Ingeniería: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 11 (1), 23-39. <https://doi.org/10.26495/z1k1kc46>

López-Vázquez, A. M., Aguirre-Mandujano, E., Lobato-Calleros, C., & Hernández-Rodríguez, L. (2021). Propiedades fisicoquímicas y funcionalidad de almidón de maíz cacahuacintle. In *Congreso Interamericano de Investigación de Ciencias Básicas y Agronómicas* (pp. 31-32).

https://dicea.chapingo.mx/wp-content/uploads/2021/10/Memoria_2021_Mesa4-Quimica.pdf#page=31

Madan, S. G., Singh, A. K., Shukla, R. N., & Souvik, H. M. (2021). Physico-chemical properties of different corn (*Zea mays*) varieties. *International Journal of Food and Nutritional Sciences*, 11, 557-564. DOI: 10.53555/ijfans/2022.11.si3.1184 <http://dx.doi.org/10.53555/ijfans/2022.11.si3.1184>

Maza-Martinez, J. E. (2021). obtención de una biopelícula a partir de almidón de maíz chulpi (*Zea mays* Amylosaccharata) para embalaje de alimentos. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16772>

Ncube, LK, Ude, AU, Ogunmuyiwa, EN, Zulkifli, R. y Beas, IN (2021). Panorama general de la generación y gestión de residuos plásticos en las industrias de envasado de alimentos. *Reciclaje*, 6 (1), 12. <https://doi.org/10.3390/recycling6010012>

Netam, A., Patel, K. K., & Naik, R. K. (2021). Moisture dependent physical properties of maize cobs and kernels. *The Pharma Innovation Journal*, 10 (12), 332, 337. <https://www.researchrnels.pdf>

Porras-Saavedra, J., Palacios-González, E., Lartundo-Rojas, L., Garibay-Febles, V., Yáñez-Fernández, J., Hernández-Sánchez, H., & Alamilla-Beltrán, L. (2015). Propiedades microestructurales y distribución de componentes en micropartículas obtenidas por secado por aspersión. *Revista de Ingeniería de Alimentos*, 152, 105-112.

Tan, J., Tiwari, SK, y Ramakrishna, S. (2021). Plásticos de un solo uso en la industria de servicios alimentarios: ¿pueden ser sostenibles? *Economía Circular de Materiales*, 3 (1), 7. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42824-021-00019-1>

Currículo corto de los autores

L. F. Romero-Huerta, Estudiante de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, 2025.

M. Nicolás-García, Doctora en Ciencias en Alimentos, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, 2021.

J. C. Villalobos-Espinosa, Doctora en Ciencias en Alimentos, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, 2019.

M. Florentino-Hipólito, Estudiante de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, 2025.

L. Y. García-Santiago, Estudiante de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, 2025.

A. Melchor-Mariano, Estudiante de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, 2025.

A. Pérez-Téllez, Estudiante de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, 2025.

L. O. Colombo-Mendoza, Doctor en Informática, Universidad de Murcia, España, 2017.

A. Cabrera-Ramírez, Doctora en Investigación Educativa, Universidad de Puebla, 2021.

Caracterización fitoquímica del frijol ayocote morado (*Phaseolus coccineus*): Ingrediente funcional en el desarrollo de nuevos productos

M. Nicolás-García¹, J. C. Villalobos-Espinosa^{*1}, L. Y. Hernández-Ortiz¹, A. L. Olivares-García¹, A. De la Cruz-Fidel¹, Y. S. Ventura-Casanova¹, A. Dinorin-Jimenez¹, M. E. López-Estrada¹, L. O. Colombo-Mendoza¹, G. Caez-Ramírez², S. V. Ávila-Reyes³, C. Cano-Sarmiento⁴.

Resumen: El ayocote morado (*Phaseolus coccineus* L.) es una variedad de frijol originaria de México cultivado en regiones de Puebla, poco conocido y consumido comercialmente debido a su gran tamaño y textura. Sin embargo, es fuente de nutrientes y compuestos bioactivos que aporta propiedades antioxidantes, puede ser valorizado como ingrediente en el desarrollo de nuevos productos alimenticios saludables tales como los snacks. El objetivo fue evaluar los fitoquímicos de un snack a base de ayocote morado natural (SA) y condimentado con chiltepín (SAC). Los fitoquímicos se extrajeron por baño de ultrasonido y evaluó fenoles totales, flavonoides y antioxidantes.

El horneado influyó en el contenido de fenoles totales de SA (6.89 mg EAG/100 g) y SAC (7.04 mg EAG/100 g), disminuyendo 41% con respecto al ayocote morado (16.91 mg EAG/100 g). Los flavonoides para el ayocote morado, SA y SAC fue de 12.06 mg EQ/100 g, 19.91 mg EQ/100 g y 14.99 mg EQ/100 g, respectivamente. La incorporación del ayocote morado en la elaboración de un alimento saludable evidencio que el snack proporciona antioxidantes posterior proceso de horneado, así como el condimento (chiltepín) mostrando una capacidad antioxidante de 2.60 mg ET/100 g y 7.05 mg ET/100 g para SA y SAC, respectivamente.

Palabras Clave: Compuestos fenólicos, ayocote, snack, antioxidantes, seguridad alimentaria.

Introducción

El frijol ayocote (*Phaseolus coccineus* L.) es una leguminosa originaria de México, cultivado en regiones de Puebla, poco conocido y consumido comercialmente debido a su gran tamaño y textura. Sin embargo, ocupa el tercer lugar de comercialización dentro de las especies del género *Phaseolus* después del *P. vulgaris* y *P. lunatus* (Osuna-Gallardo et al., 2023; Baeza-Jiménez & López-Martínez, 2024). Se ha descrito que el Ayocote es una fuente importante de proteínas, carbohidratos, fibra dietaria, lípidos, minerales y

fitoquímicos como los compuestos fenólicos (Tene et al., 2023; Armenta-Cárdenas et al., 2024; Vargas-Vázquez et al., 2024). Estos últimos compuestos dependiendo de la coloración de la semilla. Se ha evidenciado que los compuestos fenólicos presentes en la cubierta de la semilla del ayocote proporcionando color y protección contra condiciones bióticas y abióticas. Asimismo, se ha evidenciado que ejercen beneficios a la salud que incluyen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antihipertensiva, anticancerígena y antimicrobiana (García-Díaz et al., 2022; Teniente-Martínez et al., 2022; Baeza-Jiménez & López-Martínez, 2024).

Por lo anterior, el ayocote puede ser un ingrediente funcional con propiedades antioxidantes, el cual puede valorizarse mediante su incorporación en el desarrollo de nuevos productos alimenticios (Sánchez-Villa et al., 2020; Pedrali et al., 2022; Nartea et al., 2023). Los snacks son mayormente consumidos en todo el mundo, presentan alto contenido en sodio y contienen gluten. Son aperitivos que tiene una gran demanda por el público por ser un producto agradable y de fácil consumo, son productos alimenticios salados o dulces, fritos o extruidos. Sin embargo, estos contienen colorantes y aditivos alimentarios lo que ocasiona efectos negativos al ambiente y a la salud. En México aproximadamente el 52% de los productos comestibles contienen colorantes y aditivos artificiales, presentes en números productos, principalmente dirigidos al público infantil, es una de las principales causas de ciertas enfermedades y tipos de cáncer (Rodríguez-Ambriz et al., 2020; Tas et al., 2021; Terán et al., 2022). Por ello es de gran importancia implementar materias primas saludables que aporten un valor nutricional y funcional al producto (Osuna-Gallardo et al., 2023).

Materiales y Métodos

Materia prima y acondicionamiento

El ayocote se obtuvo del mercado local “Victoria”, ubicado en avenida Cuauhtémoc, 73800 Teziutlán, Puebla. Las semillas se pulverizaron hasta la obtención de una harina fina (450 μ m).

Elaboración del snack

Se desarrollaron dos formulaciones de snack (5 x 0.5 cm) horneados (25 min/150 °C): snack de ayocote (SA) y snack de ayocote con chiltepín (SAC). Se mezcló la materia prima (harina de ayocote morado, agua, sal, chiltepín y aceite) y se sometió un proceso de extrusión utilizando un extrusor manual, con un cabezal de forma cilíndrica (diámetro 0.50 cm) y una longitud de 5 cm. Posteriormente, se hornearon durante 25 min a una temperatura de 150 °C. Finalmente, se enfriaron a temperatura ambiente y se almacenaron en bolsas herméticas para su conservación.

Extracción de compuesto fenólicos

La extracción por ultrasonido se realizó en un baño ultrasónico (BRANSON, modelo M1800-H) utilizando la metodología descrita por Jiang et al. (2017) y Carrasco-Castilla et al. (2012) con modificaciones. En un tubo para centrífuga se agregó 0.5 g de harina de ayocote y se mezcló con 15 mL de la solución de acetona, agua y ácido acético (70:29.5:0.5; v/v/v) durante 30 min a 40 kHz. Posteriormente, los extractos resultantes se centrifugaron a 2312 xg durante 15 min y se filtraron (45 μ m). El extracto se almacenó a -20 °C para su posterior análisis.

Determinación del contenido de fenoles totales

El contenido de fenoles totales se cuantificó por el método de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton et al. (1999) con algunas modificaciones. En una celda se añadió 100 μ L del extracto o solución estándar, 500 μ L de solución del reactivo de Folin-Ciocalteu/agua (1:2 v/v) y 400 μ L de solución de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 10%. La solución se incubó en la oscuridad a temperatura ambiente durante 30 min. La absorbancia se midió con un espectrofotómetro a 765 nm. El contenido de fenoles totales se calculó utilizando una curva estándar de ácido gálico (0.1 mg/mL) y los resultados se expresaron como mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/g de muestra en peso seco.

Determinación de flavonoides

En una celda espectrofotométrica se añadió 420 μ L de metanol, 80 μ L de extracto fenólico diluido (1:10,

v/v) y 500 μ L de AlCl_3 al 2%. Se agitó e incubó durante 60 min a temperatura ambiente y posteriormente midió la absorbancia a 420 nm. La cuantificación se llevó a cabo mediante regresión lineal a partir de una curva estándar utilizando quercetina. El contenido total de flavonoides se calculó utilizando una curva estándar de quercetina (QE) (0.1 mg/mL) y los resultados se expresarán como mg equivalentes de quercetina (mg QE)/100 g de muestra seca) (Chavez-Santiago et al., 2021).

Actividad antioxidante frente al radical DPPH (1-difenil-2-picril-hidrazilo)

La captación del radical libre DPPH se realizó de acuerdo con el método descrito por Udenigwe et al. (2009) con modificaciones. Se mezcló 200 μ L del extracto fenólico y 800 μ L del radical DPPH (100 μ M) en una celda, se mantuvo protegida de la luz a temperatura ambiente durante 30 min y leyó a 515 nm. Se realizó una curva tipo de Trolox (0.0-0.01 mg/mL), los resultados se expresaron como mg equivalentes a trolox (ET)/g de muestra en peso seco.

Resultados y discusión

El proceso de horneado influyó en el contenido de fenoles totales de SA (6.89 mg EAG/100 g) y SAC (7.04 mg EAG /100 g), observándose una disminución de 41% con respecto al ayocote morado (16.91 mg EAG /100 g) como se muestra en la **Tabla 1**. El contenido de flavonoides para el ayocote morado, el snack de ayocote natural y snack de ayocote condimentado con chiltepín fue de 12.06 mg EQ/100 g, 19.91 mg EQ/100 g y 14.99 mg EQ/100 g. La incorporación del ayocote morado en la elaboración de un alimento saludable evidencio que el snack proporciona antioxidantes posterior proceso de horneado, así como el condimento (chiltepín) mostrando una capacidad antioxidante de 2.60 mg ET/100 g y 7.05 mg ET/100 g para SA y SAC, respectivamente.

Tabla 1: Caracterización fitoquímica del ayocote y el snack.

Muestra	Fenoles totales (mg EAG /100 g)	Flavonoides (mg EQ/100 g)	DPPH (mg ET/100 g)
Ayocote	16.91 $\pm$	12.06 $\pm$	NR
SA	0.82 ^a	2.57 ^c	7.05 $\pm$
SAC	6.89 $\pm$ 0.50 ^b	19.91 $\pm$ 1.12 ^a	2.60 $\pm$
	7.04 $\pm$ 0.54 ^b	3.39 ^{ab}	
		14.99 $\pm$ 0.65 ^b	
		3.36 ^{bc}	

Se reporta el promedio $\pm$ desviación estándar ($n=3$). Valores con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes ($p<0.05$). SA: Snack de ayocote; SAC: Snack de ayocote y chiltepin. NR: No reportado.

Conclusiones

El ayocote una leguminosa poco valorada es una alternativa para emplearse como un ingrediente funcional en la elaboración de nuevos productos y generar una alimentación saludable, contribuir en la valorización del cultivo y la economía del productor. Asimismo, a los objetivos de desarrollo sostenible (ODS 2: Hambre cero; ODS 3: Salud y bienestar) y promover la seguridad alimentaria.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo del TecNM por la financiación del proyecto (18515.23-PD y 21105.24-PD), a la Universidad de La Sabana, Chía, Colombia por el apoyo al proyecto de investigación (ING255), y al Laboratorio Nacional de Innovaciones Terapéuticas y Sistemas de Liberación Controlada (INNTE-SILCO) con el ApoyoLN-2025-C-94 financiado por la SECIHTI.

Referencias

Armenta-Cárdenas, M. J., Ávila-Alistac, N., Zúñiga-Romano, M. D. C., Acevedo-Sánchez, G., Muñoz-Alcalá, A., Gómez-Mercado, R., Coria-Contreras, J. J., Gutiérrez-Esquivel, D., Cruz-Izquierdo, S., García-González, I., Bibiano-Nava, O., & Mora-Aguilera, G. (2024). Epidemiological etiology of Erysiphe sp. and putative viral and phytoplasma-like symptoms in Ayocote bean (*Phaseolus coccineus*). *Mexican Journal of Phytopathology* 42 (2): 11. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.2310-7>

Baeza-Jiménez, R., & López-Martínez, L. X. (2024). Changes in Phenolic Composition and Bioactivities of Ayocote Beans under Boiling (*Phaseolus coccineus* L.). *Molecules*, 29 (16), 3744. <https://doi.org/10.3390/molecules29163744>

Carrasco-Castilla, J., Hernández-Álvarez, A. J., Jiménez-Martínez, C., Jacinto-Hernández, C., Alaiz, M., Girón-Calle, J., & Dávila-Ortíz, G. (2012). Antioxidant and metal chelating activities of *Phaseolus vulgaris* L. var. Jamapa protein isolates, phaseolin and lectin hydrolysates. *Food Chemistry*, 131 (4): 1157-1164.

Chavez-Santiago, J. O., Rodríguez-Castillejos, G. C., Montenegro, G., Bridi, R., Valdes-Gomez, H., Alvarado-Reyna, S., ... & Santiago-Adame, R. (2021). Phenolic content, antioxidant and antifungal activity of jackfruit extracts (*Artocarpus heterophyllus* Lam.). *Food Science and Technology*, 42, e02221.

García-Díaz, Y. D., Vera-Guzmán, A. M., Aquino-Bolaños, E. N., Mucino-Serrano, S., & Chavez-Servia, J. L. (2022). Phenolic compounds, antioxidant activity and mineral contents in grains of *Phaseolus lunatus* L. and *P. coccineus* L. landraces. *Legume Research-An International Journal*, 45 (9), 1155-1160. <https://doi.org/10.18805/LRF-690>

Jiang, L., Belwal, T., Huang, H., Ge, Z., Limwachiranon, J., Zhao, Y., ... & Luo, Z. (2019). Extraction and characterization of phenolic compounds from bamboo shoot shell under optimized ultrasonic-assisted conditions: A potential source of nutraceutical compounds. *Food and Bioprocess Technology*, 12, 1741-1755. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02321-y>

Nartea, A., Kuhalskaya, A., Fanesi, B., Orhotohwo, O. L., Susek, K., Rocchetti, L., Di Vittori, V., Bitocchi, E., Pacetti, D., & Papa, R. (2023). Legume byproducts as ingredients for food applications: Preparation, nutrition, bioactivity, and techno-functional properties. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 22 (3) 1953-1985. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.13137>

Osuna-Gallardo, E. I., Cuevas-Rodríguez, E. O., Sepúlveda-García, C. I., Reyes-Moreno, C., León-López, L., Han, R., & Hernández-Álvarez, A. J. (2023). Impact of Cooking and Extrusion Processing on Nutritional, Antinutritional, and Techno-Functional Characteristics of Indigenous Bean (*Phaseolus coccineus*). *ACS Food Science & Technology*, 3 (11), 1835-1853. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.2c00416>

Pedrali, D., Proserpio, C., Borgonovi, S. M., Zuccolo, M., Leoni, V., Borgonovo, G., Bernardi, A. M., Scarafoni, A., Pagliarini, E., Giorgi, A., & Giupponi, L. (2022). Nutritional Characterization and Novel Use of "Copafam" Bean (*Phaseolus coccineus* L.) for the Sustainable Development of Mountains Areas. *Sustainability*, 14 (20), 13409. <https://doi.org/10.3390/su142013409>

Rodríguez-Ambriz, S. L., González-Hernández, J., & Espinoza-Torres, D. (2020). Fortificación de snacks con vegetales: Impacto en el contenido de minerales y aceptación sensorial. *Revista de Ciencia y Nutrición Aplicada*, 11(3), 150–158.

Sánchez-Villa, C. E., Zepeda-Bautista, R., Ramírez-Ortiz, M. E., & Corzo-Ríos, L. J. (2020). Nixtamalized tortillas supplemented with proteins isolated from *Phaseolus coccineus* and huauzontle (*Chenopodium berlandieri* subsp. *Nuttalliae*) flour: Rheological, textural, and sensorial properties. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 22, 100274. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100274>

Singleton, V.L., Orthofer, R. y Lamuela-Raventós, R.M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. In *Methods in Enzymology*, Lester, P (Ed.), 152-178. Academic Press.

Tas, AA y Shah, AU (2021). Sustitución de cereales por legumbres en snacks extruidos: Ciencia, tecnología y desafíos. *Tendencias en Ciencia y Tecnología de los Alimentos*, 116, 701-711.

Tene, T. M., Sari, H., Canci, H., Maaruf, A., Eker, T., & Toker, C. (2023). Traits Related to Heat Stress in *Phaseolus* Species. *Agriculture*, 13 (5), 953. <https://doi.org/10.3390/agriculture13050953>

Teniente-Martínez, G., Bernardino-Nicanor, A., Valadez-Vega, M. D. C., Montañez-Soto, J. L., Juárez-Goiz, J. M. S., & González-Cruz, L. (2022). In vitro study of the antihypertensive, antioxidant and antiproliferative activities of peptides obtained from two varieties of *Phaseolus coccineus* L. *CyTA-Journal of Food*, 20 (1), 102-110. <https://doi.org/10.1080/19476337.2022.2090611>

Terán, S. G. S., Maldona, C. D. C., & Sotomayor, S. X. Y. (2022). Elaboración de un snack salado extruido expandido a base de chocho (*Lupinus mutabilis*) y maíz. *Revista Espamciencia*, 13 (1), 32-38.

Udenigwe, C. C., Lu, Y. L., Han, C. H., Hou, W. C., & Aluko, R. E. (2009). Flaxseed protein-derived peptide fractions: Antioxidant properties and inhibition of lipopolysaccharide-induced nitric oxide production in murine macrophages. *Food Chemistry*, 116 (1), 277-284. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.02.046>

Vargas-Vázquez, M. L. P., Acosta-Gallegos, J. A., Islas-Gutiérrez, F., & Buendía-Rodríguez, E. (2024). Root Sprouts of Domesticated *Phaseolus coccineus* L. Overwinter Plants and the Environment at Its Collection Sites. *Open Journal of Ecology*, 14 (05), 508-521. <https://doi.org/10.4236/oje.2024.145029>

Currículo corto de los autores

M. Nicolás-García, Doctora en Ciencias en Alimentos, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, 2021.

J. C. Villalobos-Espinosa*, Doctora en Ciencias en Alimentos, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, 2018.

L. Y. Hernández-Ortiz, Estudiante de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, 2025.

A. L. Olivares-García1, Estudiante de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, 2025.

A. De la Cruz- Fidel, Estudiante de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, 2025.

Y. S. Ventura-Casanova, Estudiante de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, 2025.

A. Dinorin-Jimenez, Estudiante de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, 2025.

M. E. López-Estrada, Estudiante de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Teziutlán, 2025.

L. O. Colombo-Mendoza, Doctor en Informática, Universidad de Murcia, España, 2017.

G. Caez-Ramírez,

S. V. Ávila-Reyes, Doctora en Ciencias en Alimentos, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional.

C. Cano-Sarmiento. Doctora en Ciencias en Alimentos, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional.

Detección no invasiva de gestación en ovinos mediante análisis RGB de tiras reactivas

L Miranda Jiménez, B Bautista Diego, A R Quero Carillo

Resumen: En las unidades de producción ovina, la detección oportuna de la gestación es un aspecto clave, para planificar el manejo reproductivo y productivo, cuando está no se realiza o se aplica de forma incorrecta, se pueden enviar hembras gestantes al rastro, y como consecuencia se disminuye los parámetros reproductivos del rebaño. Afectando principalmente a productores con recursos económicos insuficientes o limitados. Ante esta problemática, el presente trabajo propone la evaluación de un método alternativo para diagnosticar gestación en ovejas, basando en colorimetría de valores RGB, obtenidos a partir de fotografías de analitos de tiras reactivas de orina aplicadas en secreciones salivales. Con esta técnica se busca ofrecer una herramienta de fácil aplicación, costo y sobre todo que contribuya a la disminución de pérdidas de animales y económicas, mejorando la eficiencia reproductiva de los sistemas de producción ovina.

Palabras clave: preñez, borregas, análisis de imágenes, cómputo colorimétrico.

Introducción

El diagnóstico de gestación en ovejas es una actividad y herramienta fundamental para mejorar el manejo productivo y reproductivo del rebaño, permite eliminar ovejas no gestantes, programar la alimentación de forma eficiente, brindar información del estado sanitario en que se encuentra el rebaño, (Fernández et al., 2023), además de, permitir la programación de partos. Para el diagnóstico de gestación se pueden emplear diferentes técnicas; estas pueden ser invasivas y no invasivas, de

las más utilizadas son: ecografía del tracto reproductivo vía transabdominal o transrectal (Soto & Gomez, 2022), determinación de niveles séricos de progesterona; ambos métodos resultan fuera del alcance de productores de bajos recursos. Otra técnica de empleo frecuente por productores es la palpación abdominal y desarrollo de la ubre, se puede realizar a partir de la segunda mitad de la gestación (90 días), consiste en tocar la presencia del feto obligándolo a moverse dentro del líquido amniótico (Castillo *et al.*, 2020), si la oveja está gestante el producto rebotará en las paredes del abdomen. Las desventajas de estas técnicas pueden ser: disponibilidad, costo y el grado de estrés que se produce en la oveja gestante que en ocasiones llegan a producir abortos espontáneos. Los productores de algunas unidades de producción emplean como diagnóstico de gestación positiva el no retorno a estro (Lema, 2023) para esto se requiere de observación constante de las ovejas y de la existencia de registros de producción; pocas veces manejado en unidades de producción pequeñas.

Ante esta problemática, el presente trabajo propone la evaluación de un método alternativo para diagnosticar gestación en ovejas, basando en colorimetría de valores RGB obtenidos de tiras reactivas a orina, en esta ocasión utilizadas en saliva. Adicionalmente, se espera obtener y ofrecer una herramienta de fácil aplicación, costo y sobre todo que contribuya a la mejora de la productividad del rebaño y a la disminución de pérdidas económicas ocasionadas por envío al rastro de hembras gestantes.

En tiempos actuales y con el advenimiento de la tecnología de cómputo se pueden obtener resultados de diagnóstico de gestación a partir de imágenes.

El análisis automático de imágenes implica diseñar y aplicar métodos de reconocimiento de patrones y aprendizaje automático para convertir imágenes a forma simbólica. La mayoría de las técnicas de

reconocimiento de patrones más avanzadas para el análisis de imágenes están diseñadas para funcionar con imágenes de tres canales como RGB (rojo, verde y azul). Cada imagen es un matriz de píxeles, y cada pixel contiene información. La dirección de cada pixel dentro de la imagen generalmente es específica como par (x, y), donde x indica la distancia desde el borde izquierdo, “y” indica la distancia hacia abajo desde la parte superior; ambos valores comienzan de cero y aumentan progresivamente (Russ, 2017).

Metodología

El trabajo de campo se llevó a cabo en dos unidades de producción ovina, con dos grupos de ovejas adultas (gestantes n=52 y no gestantes n=52); ambos con gestación confirmada por ultrasonografía, para el estudio se consideraron ovejas con condición corporal de 2.5 a 3 (Romero, 2015). Por la mañana y con las ovejas en ayuno se tomaron muestras de saliva para lo que se utilizaron tiras reactivas a orina (Figura 1) que detectan 14 analitos, (urobilinógeno, bilirrubina, cetona, creatinina, sangre, proteína, micro albúmina, nitrato, leucocitos, glucosa, gravedad específica, pH, ácido ascórbico y calcio).

Para evitar contaminaciones de las tiras se usaron guantes nuevos para el muestreo de cada oveja, la tira se retiró de la boca de la oveja hasta que estuviera embebida con saliva.

De cada tira se tomó una fotografía; con cámara profesional y control de las condiciones de luz y distancia, estos parámetros se controlaron con el uso de un prototipo de caja cerrada.



Figura 1. Toma de secreciones salivales con tiras reactivas a orina

La coloración presentada en cada cojinete destinado a los analitos mencionados se interpretó cuantitativamente basados en canales RGB; con el uso de microscopio en la programación ZINE 2.0. Interpretación similar se realizó con programación Pycharm de lenguaje Python.

Se trabajó bajo un diseño de estudio observacional comparativo trasversal. Los valores de medias en los canales RGB se tabularon en el programa Excel y se analizaron mediante el programa estadístico R studio, con pruebas de Wilcoxon para valores donde no existía homogeneidad (Turcios, 2015) y la prueba de t-Test.

Resultados y discusiones

Las diferencias encontradas a partir de canales de color RGB obtenidos de microscopía fueron para los analitos: glucosa, pH y leucocitos, estos disminuidos en ovejas gestantes ($p < 0.05$) (Figura 2). Mientras, los valores RGB obtenidos a partir del espacio integrado (IDE) de Pycharm para lenguaje Python arrojaron diferencias en: sangre, cetona y proteína; los tres disminuidos en ovejas gestantes ($p < 0.05$) (Figura 3).

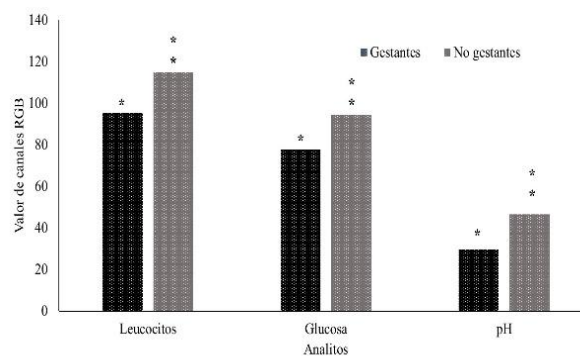


Figura 2. Valores RGB de analitos diferentes en saliva de ovejas gestantes y no gestantes con uso de tiras reactivas a orina e interpretación colorimétrica en microscopio en la programación ZINE 2.0 (**) valores elevados, (*) valores bajos.

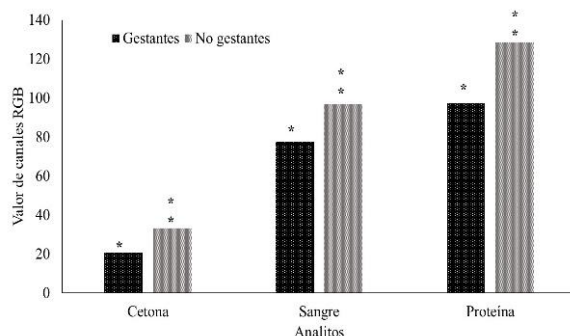


Figura 3. Valores RGB de analitos diferentes en saliva de ovejas gestantes y no gestantes con uso de tiras reactivas a orina, con el método de Pycharm de lenguaje Python. (**) valores elevados, (*) valores bajos.

La gestación produce cambios metabólicos en la madre como respuesta a la necesidad de mantener equilibrio adecuado entre madre y feto. La saliva es un fluido complejo secretado por las glándulas salivales mayores y menores. Está compuesta por agua (cerca del 99%), y el 1% restante lo constituyen compuestos inorgánicos, proteínas, carbohidratos, lípidos, células epiteliales descamadas, bacterias, virus, hongos, restos de alimento, algunas secreciones bronquiales y componentes de fluidos crevicales como células sanguíneas e inmunológicas. (Martínez et al., 2014).

La disminución en glucosa encontrada en ovejas gestantes en este estudio se relaciona con la disminución de glucosa encontrada en sangre de ovejas gestantes en ayunas, disminución que se debe parcialmente a efectos de dilución a medida que se incrementa el volumen de sangre de la madre, además se menciona que la disminución en niveles de glucosa se mantiene constantes en el segundo trimestre y se reducen aún más durante el tercer trimestre (Torres et al., 2018). Además, se ha observado que dietas pobres en triptófano aumenta el riesgo de intolerancia a la glucosa durante la gestación en ratones. Recientemente se ha demostrado que la 5HT (5-hidroxitriptamina) procedente del intestino podría ejercer efecto fisiológico en la adaptación al ayuno prolongado coordinando la homeostasis de la glucosa y de los ácidos grasos (Cataldo et al., 2014). En consideración a que las ovejas utilizadas en este estudio estuvieron en ayunas, esto podría ser una causa adicional a la gestación de la disminución de glucosa.

Referente al pH disminuido en saliva de ovejas gestantes puede considerarse como un efecto del cambio hormonal (estrógenos y progesterona) que se registra durante la gestación. En mujeres, se han encontrado valores bajos de pH durante la gestación y son atribuidos a cambios hormonales y disminución del volumen de saliva producido, efecto que puede observarse hasta el final de la gestación para reestablecerse después del parto (Martínez et al., 2014).

El número bajo de leucocitos que se detectó en ovejas gestantes fue inesperado, dado que, durante la gestación en ovejas es normal la elevación de leucocitos; específicamente de neutrófilos y monocitos. Para el caso de neutrófilos la elevación es necesaria para mantener libre de infecciones a la madre y al feto y los monocitos son importantes para evitar rechazo del embrión en el momento de la implantación y a soportar la existencia de un feto semialogénico. El resto de células leucocitarias se consideran sin cambio (Carrillo et al., 2021). Por otro lado, la mucosa del tracto genital de la oveja no gestante se encuentra con gran cantidad de leucocitos necesarios para mantener libre de infecciones este tracto (López et al., 2019). Sin embargo, estos reportes se han referido a niveles de leucocitos en suero o en orina y no en saliva, como es el caso de este reporte. Un punto a considerar es que, no se contó con datos sobre el periodo de gestación en la que cursaban las ovejas y esto puede resultar importante para determinar elevaciones y disminuciones de leucocitos en saliva durante la gestación en ovejas.

El caso particular de presencia de sangre en saliva se debe a problemas patológicos como gingivitis, o lesiones momentáneas causadas por la alimentación, periodontitis o en casos extremos a enfermedades de los sistemas digestivo y respiratorio.

No es común encontrar presencia de sangre en saliva. Sin embargo, en este estudio las ovejas no gestantes presentaron rastros de sangre; esto puede deberse a abrasiones causadas por el tipo de alimento (en el momento en que se desarrolló la investigación; a base de rastrojo de maíz y pastoreo en praderas de pasto y arbustivas existentes en Nanacamilpa, Tlaxcala, México). Además, la disminución en sangre de ovejas gestantes puede ser causa de inmunidad aumentada en ovejas gestantes y en caso extremo

sería por anemia producida por las demandas del embrión o feto o deficiencia de hierro en la alimentación (Alegria et al., 2019).

La presencia de cetonas disminuida en ovejas gestantes puede ser un indicativo de desajuste en el consumo de carbohidratos. La energía es el nutriente limitante de mayor importancia en condiciones de pastoreo; condición que es acentuada en las etapas fisiológicas de alta demanda como lo es la gestación (de la Peña et al., 2013). La disminución en cetonas junto con la de glucosa observada en ovejas de esta investigación dan idea de la deficiencia nutricional en la que se pudieron encontrar las ovejas al estar alimentadas en condiciones de pastoreo; como es el caso.

Resultados referentes a proteína también pueden tomarse como reflejo de inadecuado aporte de nutrientes en el que pudieran encontrarse las ovejas estudiadas, si este es el caso, los niveles bajos de proteína encontrados pueden considerarse adecuados, Sin embargo, esta condición se debe evitar, dado que durante la gestación los requerimientos nutricionales son elevados (Avendaño & Navarro, 2020) y acentuados cuando la oveja alberga una gestación múltipara.

La disminución de analitos en saliva de ovejas también, pueden ser relacionadas con alteraciones patológicas como toxemia de la gestación o diabetes gestacional (Carrillo et al., 2021), no obstante, estas alteraciones se registran de forma aislada e individual y en el estudio el resultado es grupal, lo que hace difícil la consideración debida a patologías.

En cuanto a los resultados obtenidos por interpretación de canales RGB con microscopio o mediante el programa computacional Pycham se puede observar la falta de coincidencia en metabolitos encontrados como diferentes. Sin embargo, sí, se detectan diferencias entre los analitos presentes en ovejas gestantes y las no gestantes. Para esta metodología se requiere de proceder a investigaciones desarrolladas con mayor detalle o inclinarse exclusivamente al uso de solo una metodología. También se debe considerar que pocas imágenes se adquieren con ajustes perfectos de exposición y contraste, representación precisa de color, iluminación, uniforme o un punto de vista ideal. Existen métodos que a menudo pueden corregir

diversas deficiencias. El uso de programas computacionales para la obtención de datos en ocasiones manipula valores de pixeles y se rescriben a una imagen nueva en el programa anfitrión. La conversión de valores desde cualquier modo, la imagen utilizada en el programa al formato de punto flotante de tres valores, y viceversa, la gestiona el software de interface (Russ, 2017).

Estos resultados pueden ser mejorados con mayor detalle en el manejo de los canales RGB; lo cual podría lograrse con la disminución del área a trabajar o con mejoras en la calidad de fotografía y con el desarrollo o mejora a futuro de programas de cómputo.

Conclusión

La interpretación de coloración (RGB) de analitos en tiras reactivas a orina aplicado en saliva, para el diagnóstico de gestación en ovejas puede ser una técnica viable; basándose solo en cambios colorimétricos de los analitos mencionados anteriormente. Sin embargo, se recomienda trabajar arduamente en investigación y detalles técnicos que lo puedan mejorar e incluso hacer de fácil manejo para productores. Por otro lado, la administración de dietas especializadas para cada etapa fisiológica son de suma importancia ya que es más demandante a medida que avanza la gestación.

Referencias

- Alegria, G. R. C., Gonzales M. C. A. y Huachín, M. F. D. (2019). El tratamiento de la anemia por deficiencia de hierro durante el embarazo y el puerperio. *Revista Peruana de Ginecología y Obstetricia*, 65(4), 503-509. <https://doi.org/10.31403/rpgo.v65i2220>
- Avendaño, R. V. A. y Navarro, O. C. A. (2020). Alimentación de ovinos en regiones del trópico en Colombia. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 11(2), 71-108. <https://doi.org/10.22579/22484817.471>
- Castillo, M., Gómez, M. B., y Cerutti, D. A. (2020). Evaluación en ovejas de la condición corporal con respecto a su estado fisiológico en el norte de La Pampa. *Ciencia Veterinaria*, 22(1), 23–30. <https://doi.org/10.19137/cienvet-202022102>
- Cataldo, L. R., Cortés, V. A., Galgani, J. E., Olmos, P. R., y Santos, J. L. (2014). Papel de la serotonina periférica en la secreción de insulina y la homeostasis

de la glucosa. *Nutrición Hospitalaria*, 30(3), 498-508.

de la Peña, J. A. P., Varela, D. B., Severiano, H. J., Rincón, F. G. R., y Rodríguez, G. B. (2013). Producción de Carne Ovina. *Libro técnico 5* (73-76)

Fernández, J., Redolatti, C., Catalano, R. C., Cantatore, S. E., y Gotusso, E. (2023). Ecografía reproductiva en ovinos: una herramienta simple y con muchas ventajas. *Visión Rural*, 1 (147), 24-25.

Lema, A. E. A. (2023). Diagnóstico de gestación ultrasonografía en alpacas “Vicugna pacos” en el CEASA. https://www.researchgate.net/profile/Lucia-Rangel-2/publication/389650407_Practicas_de_manejo_reproductivo_en_animales_domesticos/links/67cb2724e62c604a0dd61a48/Practicas-de-manejo-reproductivo-en-animales-domesticos.pdf#page=36

López, V. M., Miranda, J. L., Quero, C. A., Robledo, P. A., y Morales, V. S. (2019). Leucocitos en el desarrollo embrionario de ovejas como respuesta a selenio orgánico. *Abanico veterinario*, 9.

Martínez, P. M. C., Martínez, D. C. M., López, P. A. M., Patiño, G. L. M., y Arango, P. E. A. (2014). Características fisicoquímicas y microbiológicas de la saliva durante y después del embarazo. *Revista de salud pública*, 16, 115-125.

Romero, O. (2015). Evaluación de la Condición Corporal y Edad de los ovinos. Herramientas de Manejo Animal. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura*, (79).

Russ, J. C. y Russ, J. C (2017). Introducción al procesamiento y análisis de imágenes. CRC Press. International Standard Book Number-13:978-0-8493-7073-1

https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=RAPOBQAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=%22RGB+channels+in+image+processing&ots=nrDnySJaiM&sig=gC_N_AETgIr0cQH-Vcyk01L17i0&redir_esc=y#v=onepage&q=%22RGB%20channels%20in%20image%20processing&f=true

Soto, A. T., y Gómez, M. V. (2022). Diagnóstico ultrasonográfico de patologías del aparato genital de la hembra ovina y caprina. *Libros de Cátedra*.

Torres, W. P. R., Juez, A. E. M., González, J. L. G., Barzola, C. V. R., Vélez, D. G. S., Torres, D. A. R., ... y Nájera, R. D. M. (2018). Diabetes gestacional: fisiopatología, diagnóstico, tratamiento y nuevas perspectivas. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 37(3), 218-226.

Currículo corto de los autores

Leonor Miranda Jiménez, PhD: Universidad de Montreal Ca. (2010). Profesora investigadora del Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería. en el Colegio de Postgraduados, *Campus Montecillo*.

Berlinda Bautista Diego, Ingeniera Agrónoma, Universidad de Sonora. (2021). Alumna de Maestría en Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad Ganadería, Colegio de Postgraduados *Campus Montecillo*.

Adrián Raymundo Quero Carrillo, PhD. Universidad Texas A&M. (1999). Profesor investigador del Posgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería, Colegio de Postgraduados, *Campus Montecillo*.

Caracterización de la calidad de la manzana (*Malus doméstica*), cosecha 2024 del ITSSNP, para banco de datos.

S. Francisco-Martínez¹; O. Silva-Sánchez¹; N. González-León²

Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla/ ¹División de Ingeniería en Industrias Alimentarias/ ²División de Ingeniería Electromecánica
servando.fm@zacatlan.tecnm.mx, oscar.ss@zacatlan.tecnm.mx, noemi.gl@zacatlan.tecnm.mx

Resumen: En el presente documento se muestran los resultados de la caracterización de la variedad de manzana *Malus doméstica* correspondiente a la cosecha 2024 del Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla (ITSSNP). En esta institución se cultiva una cantidad limitada, pero representativa, de manzanas pertenecientes a una variedad propia de la región de Zacatlán, Puebla, México. Actualmente, está producción, aunque representativa de la región, carecía de estudios sobre sus propiedades fisicoquímicas y de un enfoque definido para su aprovechamiento. El objetivo fue generar un banco de datos confiable mediante un análisis experimental con recolección aleatoria de frutos, evaluando variables como grados Brix, porcentaje de acidez y textura. Los resultados permitieron identificar indicadores clave de madurez y calidad, útiles para la clasificación, estandarización y procesos industriales. La maduración mostró un aumento de azúcares y disminución de acidez, alcanzando un equilibrio óptimo para su consumo e industrialización. En particular, la *Malus doméstica* cultivada en el ITSSNP alcanzó 18° Brix y 1.15% de acidez, valores que reflejan un fruto dulce, con bajo nivel de acidez y con potencial para el mercado en fresco y la elaboración de jugos y sidras suaves.

Palabras Clave: Aprovechamiento, Fisicoquímicas Manzana, Propiedades.

Introducción

La producción frutícola es una actividad clave en el sector agroindustrial, con un impacto significativo en el desarrollo económico y social de las regiones productoras de acuerdo a Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), (2019).

En el Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla se cultiva una cantidad limitada, pero representativa, de manzanas pertenecientes a una variedad propia de la región de Zacatlán, Puebla, México. Actualmente, esta producción carece de un enfoque definido para su aprovechamiento, así como de estudios específicos que respalden su inclusión en proyectos productivos. Tampoco se cuenta con información documentada sobre sus propiedades fisicoquímicas, tales como textura, acidez y contenido de azúcares. Por ello, el objetivo de este estudio es realizar un análisis detallado de los frutos recolectados, evaluando árbol por árbol, con el fin de obtener promedios representativos y establecer un banco de datos que sirva de base para la toma de decisiones y la formulación de proyectos productivos e industriales que generen valor agregado a la producción.

En este contexto, las manzanas cultivadas en el ITSSNP se presentan como un recurso agrícola de gran interés. No obstante, su aprovechamiento pleno requiere un conocimiento detallado de sus propiedades fisicoquímicas. Lo cual puede lograrse mediante un enfoque sistemático de muestreo, análisis y gestión de datos, de acuerdo a Montgomery, D. C. (2020).

Se consulta a Vázquez-Cuecuecha, O; *et al.*; en el (2023) ya que realizaron un estudio sobre la caracterización física y química de los frutos de las variedades de manzana *Prunus persica* y Batsch en Tlaxcala. El diseño de investigación fue experimental, Para el análisis fisicoquímico se toma en cuenta peso, pH, °Brix, acidez, firmeza, entre otros; la metodología contempló tres fases principales: 1) recolección de frutos, 2) mediciones físicas y químicas, y 3) análisis estadístico. El estudio destaca los indicadores poscosecha de utilidad tanto para la industria como para los productores locales.

Se estudia a Marmolejo-Basurto, en el (2023), por su estudio sobre características fisicoquímicas y evaluación sensorial de bebidas mixtas pasteurizadas, camote-manzana y camote-piña; a las bebidas se les evaluó el pH, acidez, sólidos solubles, índice de oscurecimiento, turbidez, color y actividad enzimática; el tratamiento térmico aplicado logró la inactivación de la enzima pectinmetilesterasa, la prueba sensorial alta aceptabilidad en ambas bebidas. Se analizó el efecto de la genética y el clima en los perfiles de azúcares y ácidos orgánicos de la manzana de Bourne et al. (2023).

Ayora Brito, J. L; en el (2024) investigó la extracción y caracterización de pectina a partir de manzana (*Malus domestica* Royal Gala) mediante el método de hidrólisis ácida. El estudio, de tipo experimental con diseño factorial 2^3 , evaluó los efectos de la temperatura, el tiempo y el pH sobre el rendimiento de la pectina, la cual fue posteriormente caracterizada fisicoquímicamente. La metodología comprendió tres fases: 1) preparación de la materia prima, 2) extracción por hidrólisis ácida y 3) caracterización fisicoquímica; destaca el uso de materia prima local, la aplicación de un proceso replicable y de bajo costo, no obstante, el estudio se limita a una sola variedad y zona geográfica, lo que reduce la posibilidad de generalizar sus resultados a nivel nacional.

Pérez-Portillo, E; et al, en el (2024). Estudia el recubrimiento de manzanas amarillas (*Malus doméstica*) de la variedad Golden Delicious: Cera de carnauba y cera de candelilla versus biopolímeros de quitina-quitosana realiza una investigación experimental con diseño comparativo; se evaluaron variables fisicoquímicas y sensoriales durante 18 días a tres

temperaturas. Las Fases que ocuparon son: 1) Formulación de recubrimientos, 2) Aplicación a manzanas, 3) Evaluación de vida de anaquel, 4) Prueba sensorial con 100 jueces. El recubrimiento Q-Qn permitió extender la vida útil hasta 8 días más que el control. Ocuparon aceite esencial de naranja (AEN) tuvo efectos negativos a 35 °C.

Se consulta la investigación de Oviedo G. C.P. (2024) quien determinó la fenología y evaluó la calidad del fruto de las variedades de manzana Agua Nueva, Rayada, Fuji y Gala. Los resultados mostraron que la variedad Gala alcanzó 15.70 °Brix y 4.64% de acidez titulable; la variedad Fuji presentó 13.35 °Brix y

6.36% de acidez; mientras que la variedad Agua Nueva obtuvo 16.88 °Brix y 3.22% de acidez. El estudio se llevó a cabo en dos huertas ubicadas en Jicolapa, Zacatlán, Puebla, México.

Pérez, et al. (2025) caracterizaron siete variedades de *Malus doméstica* Borkh., evaluando parámetros como peso, color, firmeza, sólidos solubles, pH, acidez, relación de madurez y potencial agroindustrial. Los resultados destacaron a *Winter Banana* por su alto contenido de sólidos solubles y baja firmeza, a *Dorset Golden* por sus elevados valores de pH y relación de madurez, y a *Anna* y *Pensilvania* por su mayor acidez y tamaño, respectivamente. En conjunto, *Dorset Golden* y *Winter Banana* se identifican con las mejores características fisicoquímicas para la industrialización en Colombia.

Metodología

Para el estudio se seleccionó una muestra representativa compuesta por cinco árboles de *Malus doméstica*, considerando criterios de uniformidad y localización dentro del área de cultivo el 30 de julio de 2024. La recolección y distribución de los ejemplares se presenta en la Figura 1.



Figura 1. Recolección y distribución de los árboles de manzana.

Para un análisis rápido y preciso de la manzana se usa un refractómetro ocupando un °Brix de sacarosa disuelta en 100 gramos de solución. Para la determinación de los grados °Brix se utilizó método de Índice de refracción, en este caso un refractómetro de mano Marca ATAGO, como se muestra en la figura 2.

En cuanto al porcentaje de acidez, este varía según la variedad de manzana, las condiciones de cultivo y el grado de madurez, constituyendo un parámetro clave en los procesos de transformación industrial, ya que influye en el sabor, la conservación y la estandarización de productos como jugos y concentrados.



Figura 2. Refractómetro ocupado para realizar las pruebas para la determinación de los grados °Brix

Para la determinación del porcentaje de acidez se empleó el método volumétrico directo, utilizando hidróxido de sodio 0.1 N, fenolftaleína como indicador y agua destilada. Cabe señalar que los resultados se reportan como porcentaje de ácido cítrico, en concordancia con la normativa establecida para bebidas refrescantes y derivados de frutas. En la figura 3 podemos observar el laboratorio donde se llevaron a cabo las pruebas de acidez.



Figura 3. Equipo de Textura TAXT y el dispositivo de aguja usado para la determinación de la textura en este caso específico de la manzana (Malus doméstica)

Para la evaluación de la textura se ocupó la metodología de compresión simple, utilizando un dispositivo de aguja como instrumento de medición. Este procedimiento permitió obtener datos precisos sobre la resistencia de la manzana frente a la aplicación de una fuerza controlada. Consúltase la figura 4.



Figura 4. Pruebas de acidez y determinación volumétrica realizadas en el laboratorio de Usos Múltiples del ITSSNP.

Resultados

La primera prueba se llevó a cabo el 30 de julio de 2024. Cada análisis se realizó por triplicado con el propósito de garantizar la confiabilidad de los datos y obtener resultados representativos. Véase la tabla 1.

Tabla 1. Análisis fisicoquímicos 01 (30/07/2024)

Árbol	Fuerza Mínima Kg	Fuerza Máxima (kg Fuerza)	Adhesión (kg fuerza)	Tiempo Mínimo (s)	Tiempo Máximo (s)	°Brix
1	0.0962	0.5305	-0.1621	0.125	2.497	8
2	0.0933	0.4924	-0.1534	0.188	2.497	10
3	0.1199	0.5373	-0.1898	0.08	2.496	9
4	0.0647	0.477	-0.129	0.145	2.492	15
5	0.1107	0.643	-0.191	0.16	2.495	11
6	0.0994	0.544	-0.1584	0.17	2.399	10
7	0.1141	0.405	-0.1098	0.46	2.498	14
8	0.1197	0.5978	-0.1762	0.17	2.489	11
9	0.0837	0.4741	-0.1235	0.162	2.499	11
10	0.086	0.6422	-0.1552	0.14	2.499	13
Promedio	0.09877	0.53433	-0.15484	0.18	2.4861	11.2

En el análisis de textura, cuando se habla de fuerza mínima y fuerza máxima, se está hablando de la cantidad de fuerza (generalmente en Newtons o gramos-fuerza) que el instrumento aplica y que la muestra ofrece como resistencia durante la prueba.

La fuerza mínima se refiere a la primera medición registrada al inicio de la prueba, justo en el momento en que el penetrador o compresor del texturómetro entra en contacto con la superficie de la fruta. Este parámetro indica la cantidad de fuerza necesaria para romper la piel o comenzar su deformación. En el caso de las manzanas, un valor bajo de fuerza mínima suele asociarse con una piel más blanda o con un mayor grado de madurez del fruto.

La fuerza máxima corresponde al pico de resistencia que presenta la muestra durante la prueba, justo antes de que se rompa su estructura interna. Este parámetro refleja la firmeza máxima de la fruta, la cual está directamente relacionada con la compactación de la pulpa y la integridad de sus células. En el caso de las manzanas, un valor elevado de fuerza máxima indica una mayor firmeza, característica típica de frutos frescos y crujientes.

La interpretación de los resultados indica que una fuerza mínima baja se asocia con una piel más suave, característica que generalmente refleja un mayor grado de madurez en la fruta. De manera similar, una fuerza máxima baja corresponde a una pulpa menos firme y con menor crocancia, lo que puede influir en la calidad percibida del fruto durante su consumo o procesamiento.

La gráfica de la figura 5 presenta la fuerza mínima de resistencia a la penetración registrada en las muestras de manzana, expresada en kilogramos-fuerza (kgf). El análisis arrojó un valor promedio de 0.1 kgf, el cual constituye un indicador relevante de la textura y firmeza del fruto, propiedades estrechamente relacionadas con su grado de madurez y calidad poscosecha. La gráfica señala la resistencia a la penetración de las muestras de manzana expresada en kilogramos-fuerza (kgf). Se obtuvo un valor promedio de 0.1 kgf en la medición realizada el 30 de julio de 2024, correspondiente al análisis de textura de la fruta.

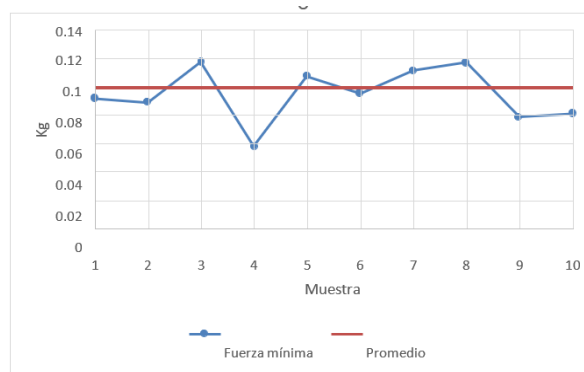


Figura 5. Prueba de fuerza mínima.

La gráfica de la figura 6 demuestra la resistencia máxima a la penetración de las muestras de manzana, expresada en kilogramos-fuerza (kgf). Se obtuvo un valor promedio de 0.55 kgf, lo que refleja el nivel de firmeza de la fruta durante la medición.

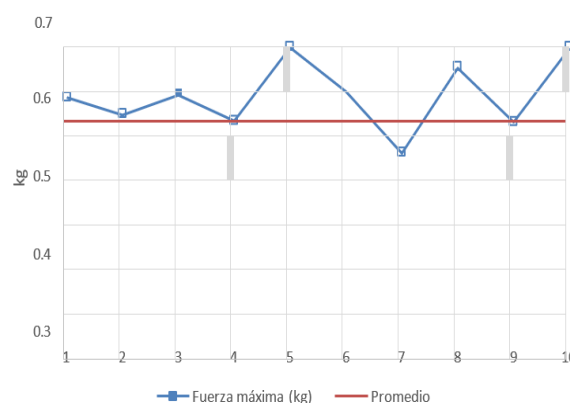


Figura 6. Prueba de fuerza máxima.

En la prueba de textura, la fuerza de adhesión se refiere a la cantidad de fuerza necesaria para separar dos superficies que han estado en contacto, generalmente el alimento y la sonda del texturómetro. En el caso de la manzana, este parámetro se asocia con la pegajosidad o tendencia de la superficie a adherirse, y se mide cuando la aguja penetra el fruto y posteriormente se retira, registrando la fuerza negativa (de tracción) requerida para despegarla. Un valor alto de fuerza de adhesión indica que la superficie es más pegajosa o que la pulpa tiende a adherirse con mayor intensidad al instrumento,

mientras que un valor bajo refleja poca a nula pegajosidad; consúltase la figura 7.

En los análisis prácticos, la fuerza de adhesión en frutas frescas suele ser baja, ya que su superficie no presenta pegajosidad; sin embargo, este valor puede aumentar cuando la manzana se encuentra sobremadura, ha sido procesada en puré o está recubierta con sustancias pegajosas, como almíbar o jarabe. En la gráfica de la figura 7 se observa la fuerza de adhesión de las muestras de manzana, obteniéndose un valor promedio de -0.15 kgf.

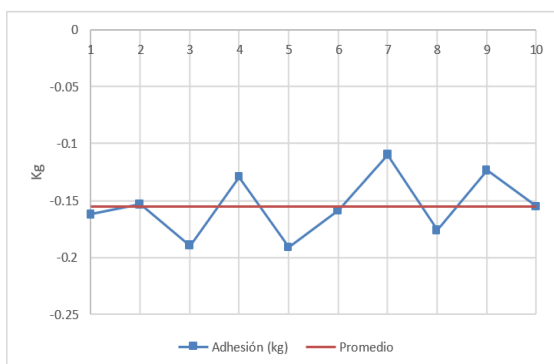


Figura 7. Prueba de adhesión.

El tiempo mínimo corresponde al instante en que el instrumento detecta el primer contacto con la fruta y comienza a registrar resistencia, marcando el inicio de la deformación o penetración. Este parámetro puede estar relacionado con la suavidad de la piel o con la rapidez con la que cede la pulpa, es decir, el momento en que la fruta empieza a “sentirse”. En contraste, el tiempo máximo se refiere al punto en que la fruta cede por completo, corresponde al momento en que el equipo registra la mayor resistencia de la muestra o la ruptura de su estructura interna. Generalmente coincide con el pico de fuerza en la gráfica y señala el límite hasta el cual la manzana mantiene su firmeza antes de romperse o deformarse por completo.

Consúltase la figura 8 donde se encuentra la representación del tiempo mínimo de penetración de la aguja en la manzana.

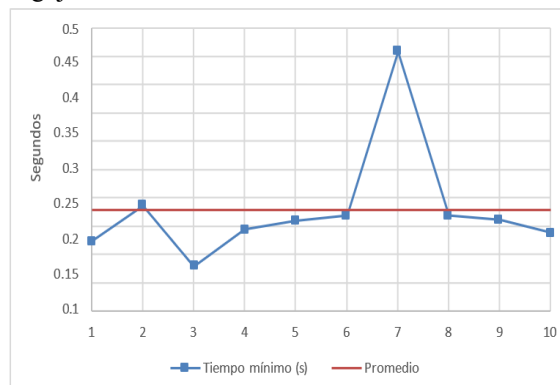


Figura 8. Prueba de tiempo mínimo.

La representación del tiempo máximo de penetración de la aguja en la manzana se muestra en la figura 9.

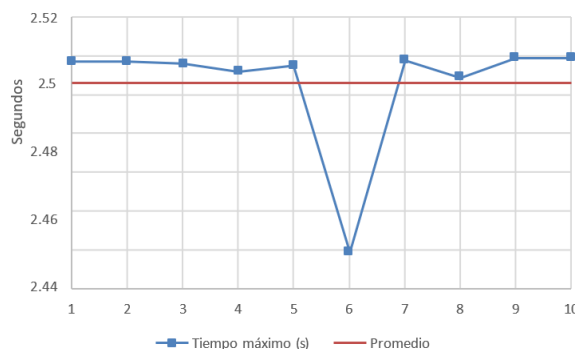


Figura 9. Prueba de tiempo máximo.

La manzana *Malus doméstica* evaluada alcanzó 15° Brix, lo que indica un adecuado contenido de sólidos solubles totales, principalmente azúcares. Este valor refleja un nivel de dulzura considerado óptimo para el consumo en fresco y competitivo para la industrialización, ya que se asocia con una buena calidad organoléptica y con la aceptación del fruto en el mercado. Los resultados se encuentran en la figura 10.

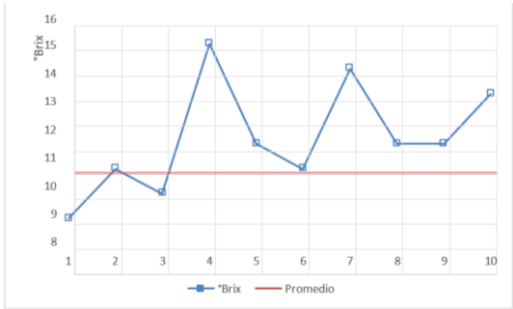


Figura 10. Prueba °Brix en la manzana.

Tabla 2. Determinación de acidez con un promedio de 0.81%

Muestra	Volumen Inicial	Volumen Final	Normalidad	%Acidez
M ₁	45.8ml	47.3	0.1N	0.96
M ₂	47.4	48.4	0.1N	0.64
M ₃	48.4	49.4	0.1N	0.64
M ₄	49.6	51.4	0.1N	1.15
M ₅	51.4	52.8	0.1N	0.84
M ₆	53	53.8	0.1N	0.51
M ₇	53.8	54.6	0.1N	0.51
M ₈	54.6	56	0.1N	0.89
M ₉	56	57.8	0.1N	1.15
M ₁₀	57.8	59.2	0.1N	0.89

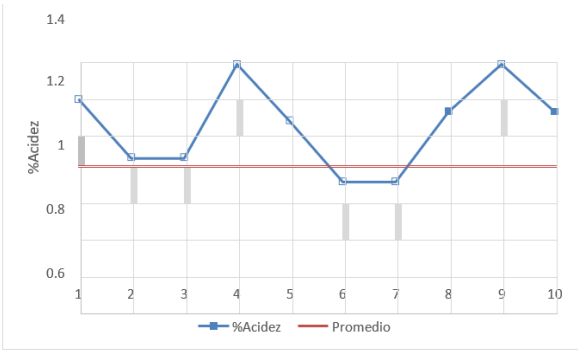


Figura 11. Porcentaje de acidez de la muestra tomada el 30 de julio de 2024.

La prueba 02 se llevó a cabo el día 8 de agosto de 2024 y se realizó con el propósito de obtener resultados confiables. En la tabla 3, se presentan los valores obtenidos.

Tabla 3. Análisis fisicoquímicos realizados el 08 de agosto 2024.

Árbol	Manzana	Fuerza mínima (kg fuerza)	Fuerza máxima (kg fuerza)	Adhesión (kg fuerza)	Tiempo mínimo (s)	Tiempo máximo (s)	°Brix
1	1	0.0879	0.5531	-0.1681	0.11	2.482	10
1	2	0.1718	0.6853	-0.1541	0.195	2.5	11
2	1	0.1188	0.4961	-0.1524	0.215	2.47	11
2	2	0.1013	0.5458	-0.1804	0.203	2.47	16
3	1	0.1022	0.497	-0.1358	0.21	2.5	15
3	2	0.0607	0.4794	-0.1444	0.068	2.425	16
4	1	0.1026	0.4954	-0.1444	0.185	2.502	12
4	2	0.0695	0.4472	-0.1312	0.105	2.507	11
5	1	0.395	0.4462	-0.0958	0.113	2.5	16
5	2	0.0892	0.4845	-0.1222	0.125	2.5	15
6	1	0.1061	0.5317	-0.1717	0.177	2.502	15
6	2	0.0701	0.4957	-0.151	0.098	2.475	15
7	1	0.0975	0.5425	-0.1743	0.077	2.502	14
7	2	0.0601	0.4515	-0.1414	0.09	2.462	15
8	1	0.0869	0.519	-0.2	0.09	2.49	14
8	2	0.1232	0.5869	-0.1538	0.19	2.467	14

La prueba 03 se llevó a cabo el día 20 de agosto de 2024. En la tabla 4 se puede observar los valores encontrados.

Tabla 4. Análisis fisicoquímicos realizados el 20 de agosto de 2024.

Árbol	Manzana	Fuerza mínima (kg)	Fuerza máxima (kg)	Adhesión (kg)	Tiempo mínimo (s)	Tiempo máximo (s)	°Brix
1	1	0.0879	0.5531	-0.1681	0.11	2.482	12
1	2	0.1718	0.6853	-0.1541	0.195	2.5	13
2	1	0.1188	0.4961	-0.1524	0.215	2.47	13
2	2	0.1013	0.5458	-0.1804	0.203	2.47	18
3	1	0.1022	0.497	-0.1358	0.21	2.5	17
3	2	0.0607	0.4794	-0.1444	0.068	2.425	18
4	1	0.1026	0.4954	-0.1444	0.185	2.502	14
4	2	0.0695	0.4472	-0.1312	0.105	2.507	13
5	1	0.395	0.4462	-0.0958	0.113	2.5	16
5	2	0.0892	0.4845	-0.1222	0.125	2.5	17
6	1	0.1061	0.5317	-0.1717	0.177	2.502	17
6	2	0.0701	0.4957	-0.151	0.098	2.475	17

Discusión

Al consultar la propuesta de Vázquez-Cuecuecha, O. et al. (2023), se detecta que la diferencia con nuestra investigación radica en que este estudio aplica herramientas estadísticas avanzadas, como Análisis de Componentes Principales (ACP) y correlaciones de Pearson, mientras que nuestro trabajo se centra en la caracterización de la textura, la determinación de

la acidez y el contenido de sólidos solubles expresados en grados °Brix.

El estudio realizado por Ayora Brito, J. L. (2024), está orientado a la obtención de aditivos funcionales como la pectina, mientras que nuestro estudio se enfoca en la caracterización de la textura, la determinación del porcentaje de acidez y el análisis de sólidos solubles en °Brix de las muestras evaluadas.

En la propuesta que presentan Pérez-Portillo, E. et al. (2024), comparan biopolímeros y ceras bajo condiciones ambientales variables, mientras que nuestro estudio se enfoca en la caracterización cuantitativa y experimental de la manzana de Zacatlán (*Malus doméstica*), a través de la determinación de textura, acidez y sólidos solubles expresados en °Brix.

Por otra parte, Marmolejo-Basurto (2023), realizó una evaluación sensorial de bebidas formuladas con mezclas de camote–manzana y camote–piña, a diferencia de nuestra investigación, en la cual se empleó únicamente manzana (*Malus doméstica*).

Se comparó el estudio de Pérez et al. (2025), quienes reportaron que las variedades Dorset Golden y Winter Banana presentaban las mejores características fisicoquímicas en Colombia con 13° Brix y 0.4% de acidez, mientras que la variedad de *Malus doméstica* evaluada en Zacatlán, Puebla, México mostró ser más adecuada para la industrialización, con 15° hasta 18° Brix y 1.15% de acidez, lo que refleja un mayor contenido de azúcares y una acidez moderada favorable para procesos a nivel industrial y consumo.

El estudio de Oviedo G. C. P. (2024), reportó para la variedad *Gala* 15.70 °Brix, similar en dulzura a la manzana del ITSSNP, pero con 4.64% de acidez titulable, lo que la hace más ácida que la muestra del ITSSNP. La variedad *Fuji* alcanzó 13.35 °Brix, siendo menos dulce, pero presentó una alta acidez del 6.36%. Por su parte, la variedad *Agua Nueva* obtuvo 16.88 °Brix, siendo más dulce y con acidez moderada del 3.22%. Esto indica que, en general, las manzanas del estudio de Oviedo presentan perfiles más ácidos en comparación con las del ITSSNP.

Conclusión

La maduración de la manzana mostró un aumento de azúcares y una disminución de acidez, alcanzando un punto de equilibrio óptimo para el consumo y la industrialización. En el caso de la manzana *Malus doméstica* cultivada en el ITSSNP, se obtuvieron 18° Brix y 1.15% de acidez, valores que reflejan un fruto dulce, con bajo nivel de acidez y características favorables tanto para el mercado en fresco como para la elaboración de jugos y sidras suaves.

Referencias

- Ayora Brito, J. L. (2024). Extracción y caracterización de pectina a partir de manzana (*Malus Domestica* Royal Gala), mediante el método de hidrólisis ácida [Tesis de ingeniería, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional UCuenca. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/43936>
- Bourne, P., et al. (2023). Effect of Genetics and Climate on Apple Sugars and Organic Acids Profiles. *Agronomy*, 12(4), 827.)
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2019). The State of Food and Agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction. Roma: FAO. Recuperado de <https://www.fao.org>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2024). World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2024. Rome: FAO <https://www.fao.org>
- Marmolejo-Basurto, E. K. P; Ochoa-Martínez; González-Herrera, S. M y Gallegos-Infante J. A. 2023. Características fisicoquímicas y evaluación sensorial de bebidas mixtas camote-manzana y camote-piña. *Revista de Ciencia y Tecnología. Tecnociencia Chihuahua. Tecnológico Nacional de México/ IT de Durango, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Durango, México.*Pp 1-13.
- Montgomery, D. C. (2020). Design and analysis of experiments (10ma ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Oviedo G. C.P. 2024. Determinación de la fenología y evaluación de la calidad del fruto de la manzana de Zacatlán, Puebla. Universidad Nacional Autónoma

de México. Facultad de estudios Superiores Iztacala, Tlalneplantla, Estado de México. Pp. 1-77

Pérez, C., Deaquiz, Y., Silva, A., Cely, G. y Almanza, P. (2025). Caracterización fisicoquímica de siete variedades de manzana (*Malus domestica* Borkh) establecidas en trópico alto. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 16(1), 357 - 376. <https://doi.org/10.22490/21456453.8141>

Pérez-Portillo, E; García-Gómez, R.S; Mendoza-Pérez, S; Duran-Domínguez-de-Bazúa, M. C. 2024. Recubrimientos de manzanas amarillas (*Malus domestica*) de la variedad Golden Delicious: Cera de carnauba y cera de candelilla versus biopolímeros de quitina-quitosana. *Ambiens Techné Et Scientia México*, 12(2), 179-209. <https://atsmexico.org/atsm/article/view/186>

Vázquez-Cuecuecha, O., García-Gallegos, E., & Chávez-Gómez, J. A. (2023). Caracterización física y química de los frutos de tres variedades de *Prunus persica* L. Batsch en Tlaxcala. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 14(5), 86-95. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i5.3197>

Currículo corto de los autores

Servando Francisco Martínez, docente de tiempo completo en el Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla (1994 a la Fecha), Ing. Bioquímico egresado del IPN, 1985, Tiene la Especialidad en docencia (CIIDET, 1999), Maestría en Sistemas de Calidad (Tecnológico de la Laguna 2000), Maestría en Educación Matemáticas (UPAEP, 2010), Doctorado en Innovación y Dirección de Instituciones (IEU, 2017), experiencia de 15 años en empresas alimentarias (Jefe de Control de Calidad en Refrescos pascual S.A., Asesor de empresas lecheras del Programa descentralizado de leche de la ciudad de México, Jefe de producción de LICONSA Tlaxcala, Gerente de la Planta Pectinas del estado de Tlaxcala), Actualmente pertenece a la academia de Ing. Ind. Alimentarias del ITSSNP, donde imparte materias de Operaciones de transferencia de calor, masa, termodinámica y química

Oscar Silva Sánchez, Maestro en desarrollo educativo, ingeniero en industrias alimentarias, licenciado en gastronomía. Docente en el Tecnológico Nacional de México/ Instituto

Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla en el área de industrias alimentarias, instructor de la especialidad de alimentos y bebidas en el Instituto de Capacitación para el Trabajo del Estado de Puebla en donde se imparten cursos de capacitación.

Noemí González León, trabaja como docente en el Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de la Sierra de Norte de Puebla; Licenciada en Computación (UAEH, 1999), tiene una especialización en Sistemas y Plan eación (UAEH, 1999). Tiene una Maestría en Dirección Escolar (CLAP, 2007). Estudió el Doctorado en Ciencias en Sistemas Computacionales y Electrónicos en (UATX, 2015- 2018), es Experto Universitario en Energías Renovables y Eficiencia Energética por parte de la Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España (2017); ha desarrollado servicios para la industria (documentación para software de facturación electrónica para la industria hotelera), proyectos de investigación (Aplicaciones robóticas para procesos industriales, procesos de control inalámbrico nacional, sistema de riego, agua ionizada automática, sistema híbrido, Seguro de remolques, entre otros), Cuenta con perfil PRODEP; participa activamente como profesora de tiempo completo en la División de Ingeniería Electromecánica y es gestora de su Institución ante la industria de su región.

Diseño y construcción de una surcadora adaptada a las condiciones del ejido de Eloxochitlán, Zacatlán, Puebla

L. A. Villaseñor-Rivera¹, N. González-León¹, D. Márquez-Trejo¹, E. Gómez-Hernández¹, D. A. López-Ibarra¹, C. A. Barrera-Rodríguez¹, R. F. Gutiérrez-Cabrera¹, Y. Tello Peralta-Montero¹

¹Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla/División de Ingeniería Electromecánica

luis.vr@zacatlan.tecnm.mx, noemi.gl@zacatlan.tecnm.mx, daniel.mt@zacatlan.tecnm.mx,
erick.gh@zacatlan.tecnm.mx, L22070014@zacatlan.tecnm.mx, L22070018@zacatlan.tecnm.mx,
L22070001@zacatlan.tecnm.mx, L22070028@zacatlan.tecnm.mx

Resumen: El presente documento expone el diseño y la construcción de una surcadora agrícola, proyecto desarrollado por estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica en colaboración con docentes del cuerpo académico ITESNP-CA-05, Desarrollo e investigación aplicada en sistemas embebidos y electromecánicos del Tecnológico Nacional del México/Instituto Tecnológico de la Sierra Norte de Puebla. La iniciativa surge como respuesta directa a una problemática significativa en la región de Zacatlán en el ejido Eloxochitlán, donde los productores agrícolas enfrentan considerables dificultades para adquirir implementos agrícolas adecuados y asequibles. El objetivo primordial de la investigación es proporcionar una herramienta que no solo sea accesible, sino también más amigable para los agricultores locales, facilitando sus labores de preparación del suelo, ya que las tierras que trabajan en su mayoría son tipo ladera. El diseño del prototipo de la surcadora se centró en la utilización de materiales disponibles localmente y de bajo costo, priorizando la funcionalidad y la facilidad de mantenimiento. Los componentes principales incluyen hierro de perfil tubular rectangular (PTR) para la estructura robusta, un rin 18 pulgadas de motocicleta adaptada ingeniosamente para optimizar el impulso y la tracción en el terreno, un motor de gasolina de dos tiempos de 5HP de polea que se adapta a la potencia requerida para dicha labor, y ruedas comúnmente utilizadas en diablitos, seleccionadas por su durabilidad y disponibilidad. Esta selección de materiales refleja un enfoque de ingeniería, donde la creatividad en la reutilización y la accesibilidad de los recursos son fundamentales para el éxito del proyecto en un entorno de recursos viables y accesibles. La metodología que guio el desarrollo de este estudio fue el Proceso de Diseño de Ingeniería (PDI). Este enfoque sistemático e iterativo

permitió al equipo abordar el problema de manera estructurada, desde la identificación de la necesidad hasta la construcción y prueba del prototipo.

El diseño es elaborado en SolidWorks, las pruebas preliminares se llevaron a cabo dentro de las instalaciones del Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla, en un entorno adaptado para simular las condiciones de trabajo. Durante estas pruebas, la surcadora demostró su capacidad funcional al crear surcos de 5 cm de ancho y 4 cm de profundidad. El resultado de este experimento inicial fue calificado con una buena funcionalidad, validando el diseño y simulación de la surcadora. Este éxito establece una base prometedora para futuras iteraciones y evaluaciones más exhaustivas del implemento.

Palabras Clave: Construcción, Diseño, Simulación, Surcadora

Introducción

El ejido de Eloxochitlán, pertenece al municipio de Zacatlán, Puebla, se encuentra a una altitud de 2,121 metros y está conformado por 90 ejidatarios. Se localiza a 4 minutos de la cabecera municipal. Su población en el 2020 se encuentra conformada por 194 habitantes de los cuales 103 son mujeres y 91 hombres, el porcentaje de la población analfabetas es del 4.12%, la población ocupada laboralmente mayor a 12 años es de 51.55%.

En esta situación los productores agrícolas de Eloxochitlán enfrentan grandes dificultades para adquirir implementos agrícolas que sean adecuados y asequibles, principalmente por su alto costo, lo que limita la tecnificación de las labores del campo y afecta directamente en la productividad al reducirse la eficiencia y el rendimiento de sus cosechas. Frente

a esta realidad, surge la necesidad de buscar alternativas accesibles y adaptadas a sus condiciones, que les permitan trabajar de manera más eficiente y mejorar su calidad de vida.

El objetivo primordial de la investigación es proporcionar una herramienta que no solo sea accesible, sino también más amigable para los agricultores locales, facilitando sus labores de preparación del suelo, ya que las tierras que trabajan en su mayoría son tipo ladera.

Es posible entonces diseñar y construir una surcadora adaptada a las condiciones del ejido de Eloxochitlán, Zacatlán, Puebla para mejorar la calidad de vida de los agricultores de la comunidad. Con la implementación de una surcadora se impulsará la eficiencia productiva en el campo, reduciendo costos en beneficio de la región.

Este planteamiento se respalda con estudios como el de García-Arias (2023), quien diagnosticó el uso de maquinaria agrícola por parte de los proveedores de servicios de mecanización en Catamayo, una zona con suelos arcillosos y pedregosos. Para la preparación del terreno se emplean arados de disco, surcadores, cultivadores y tractores de 95 hp.

Por su parte Méndez Uvidia, A. L. (2025). Realizó un diagnóstico sobre el nivel de mecanización agrícola en el cultivo de maíz en Santa Elena. Entre las principales limitaciones identificadas se encuentra el alto costo de la maquinaria, lo que restringe su adquisición y obliga a muchos agricultores a recurrir al alquiler. A ello se suma la dificultad para acceder a financiamiento, lo que representa un obstáculo adicional para la incorporación de nuevas tecnologías.

Walter, M. G. (2025), validó las especificaciones técnicas del tractor de dos ruedas DUCATI DTL 13000 de 13 HP en labores de labranza primaria para la siembra de maíz. El estudio se realizó en un suelo arcilloso con un contenido de materia orgánica del 0.99%. Para la preparación del terreno se utilizó un arado surcador, que demandó 6.89 HP de los 13 HP disponibles en la motocultivadora, la cual registró una fuerza de tracción de 459.5 kg y un consumo de 0.9 galones/día. En comparación, el uso de una yunta de bueyes con arado surcador resultó más económico, requiriendo únicamente 1.36 HP de potencia.

En la misma línea de búsqueda de alternativas de mecanización eficiente, Montoya Fernández, J. M. et al. (2025), desarrollaron una herramienta agrícola manual optimizada mediante CAD, CAM y FEA. A partir de un prototipo físico, aplicaron ingeniería inversa, generaron un modelo CAD, fabricaron un prototipo funcional en 3D y validaron su desempeño mediante simulación de elementos finitos.

De manera complementaria, Nixon da Rosa, et al. (2024), propusieron un prototipo con surcador-azada, el cual mostró resultados superiores en algunas variables gracias a la conservación de la limitada humedad presente al momento de la siembra. En contraste, la preparación localizada con rotocultivadores presentó un desempeño desfavorable en ciertas variables debido a la condición inicial de déficit hídrico.

Por su parte, Guamangate Vargas, J. M. (2024), propuso dos alternativas de surcadoras acopladas a un motocultor YTO, diseñadas con el modelo de Pahl y Beitz y evaluadas técnica y económicamente. El diseño considera resistencia estructural, capacidad de carga, costo y facilidad de uso, ofreciendo una herramienta equilibrada y funcional para los agricultores de la región. Naula Alvarracin, en el (2024), evaluó la eficiencia de una herramienta manual para deshierbe ocupando dos tratamientos: tratamiento 1 (azada) y Tratamiento 2 (surcadora). Obteniendo costos reducidos ocupando el primer tratamiento.

Manobanda Mainato, J. P. (2024), evaluó el efecto del patinaje en la preparación de suelos bajo labranza convencional y mínima para el cultivo de maíz. Mediante un diseño de bloques completos al azar, se analizaron propiedades físicas del suelo y costos de operación, empleando drones y GPS para la georreferenciación, afirma que la labranza mínima conserva mejor las propiedades del suelo, reduce el patinaje, el tiempo de trabajo y los costos en comparación con la labranza convencional.

Se consulta a Flores-Torres, et al, (2021), por el diseño y optimización del timón de un surcador, buscando reducir su masa sin comprometer la resistencia estructural. El diseño se realizó en CAD, con un análisis teórico-numérico que mostró alta correlación entre resultados calculados y simulados. Para la optimización se aplicaron dos metodologías:

Diseño Central Compuesto con Metodología de Superficie de Respuesta y Templado Simulado. Ambas permitieron disminuir hasta en un 25 % la masa respecto al diseño inicial y reduciendo los costos de adquisición de material y manufactura.

Se estudia la propuesta de Ayub Siddique, et al. (2025) por la evaluación del efecto de la velocidad del motor en la tracción de un tractor eléctrico durante el arado. Los resultados mostraron que L-2500 ofreció el mejor rendimiento, es la opción más eficiente, aunque con variación por condiciones del suelo, mientras que L-2800 redujo el deslizamiento, pero aumentó la pérdida de energía.

Metodología

La metodología ocupada para el desarrollo, simulación y construcción de la surcadora fue el Proceso de Diseño de Ingeniería (PDI), bajo las siguientes fases, determinación de requerimientos, diseño, simulación, construcción y pruebas.

Los componentes principales de la surcadora incluyen hierro de perfil tubular rectangular (PTR), un rin 18 pulgadas, un motor de gasolina de dos tiempos de 5HP de polea, y ruedas comúnmente utilizadas en diablitos carretillas de mano, electrodos, banda, metal galvanizado, fuente de energía y un esmeril.

Para determinar los requerimientos, se realizó una visita al Ejido de Eloxochitlán con el propósito de identificar las herramientas disponibles entre los ejidatarios para el desarrollo de sus labores agrícolas como se muestra en la figura 1 y 2.



Figura 1. Herramientas utilizadas por los agricultores del ejido de Eloxochitlán, Zacatlán, Puebla.



Figura 2. Miembros del Cuerpo Académico ITESNP-CA-05, Desarrollo e investigación aplicada en sistemas embebidos y electromecánicos del Tecnológico Nacional del México/Instituto Tecnológico de la Sierra Norte de Puebla y el Comisariado Ejidal de Eloxochitlán, Ing. Filiberto Carmona Soto.

Se identificaron las necesidades y restricciones presentes en el Ejido de Eloxochitlán, entre las que destacan la inaccesibilidad y la carencia de implementos agrícolas adecuados para los agricultores. Ante esta situación, el equipo del cuerpo académico se enfocó en diseñar y construir una herramienta de surcado accesible y fácil de usar, considerando limitaciones como la disponibilidad de materiales locales a bajo costo, así como el tiempo y los recursos reducidos. Para ello, se analizó a fondo los métodos de surcado utilizados en la región, identificando por qué no resultaban apropiados para las condiciones y capacidades de los agricultores.

La elección de desarrollar una surcadora respondió a la necesidad no satisfecha en la comunidad agrícola, derivada de la falta de acceso a maquinaria, herramientas y personal especializado. El diseño de la surcadora agrícola se concibió como una máquina robusta y funcional, desarrollada para satisfacer las necesidades de la agricultura local, con un enfoque en la accesibilidad y fácil mantenimiento. Se priorizó la funcionalidad y la facilidad de conservación, optando por materiales de bajo costo y disponibilidad local.

Por lo tanto, se procede a realizar el diseño y simulación de la surcadora ocupando SolidWorks tal y como se observa en la figura 3.

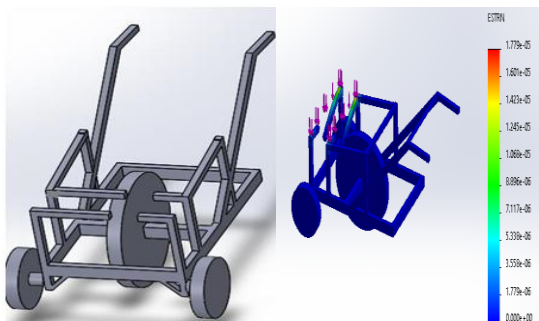


Figura 3. Diseño y simulación de la surcadora elaborado en SolidWorks. Fuente: Elaboración Propia.

Para la construcción de la surcadora se emplearon los materiales previamente seleccionados. El bastidor se fabricó con hierro de perfil tubular rectangular (PTR), se adaptó una llanta de motocicleta de 18 pulgadas para el sistema de impulso, se incorporó un motor de gasolina de dos tiempos y se instalaron ruedas de “diablito” para facilitar el soporte y transporte del equipo. Para la construcción se contó con la colaboración de estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica, quienes participaron en las labores de corte, soldadura y montaje, de acuerdo con el diseño elaborado de la surcadora, como se muestra en la Figura 4.



Figura 4. Estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica cortando y soldado la surcadora de acuerdo al diseño previamente elaborado. Fuente: Elaboración propia.

Resultados El bastidor principal se construyó con hierro de perfil tubular rectangular (PTR), seleccionado por su excelente relación resistencia-peso, que garantiza la durabilidad de la máquina sin incrementar su peso excesivamente. Además, su

facilidad de fabricación y soldadura, junto con su disponibilidad y costo accesible en la región, contribuyen a la viabilidad económica del implemento.

La unidad de potencia está compuesta por un motor de gasolina de dos tiempos, elegido por su simplicidad, menor peso y alta relación potencia-peso, características ideales para maquinaria agrícola pequeña. El motor se seleccionó por su fiabilidad y por la disponibilidad de repuestos y experiencia de mantenimiento en la región, factores fundamentales para la sostenibilidad a largo plazo del equipo.

El mecanismo de tracción incorpora una llanta de motocicleta de 18 pulgadas, cuya adaptación optimiza el impulso y la adherencia al terreno, facilitando tanto el corte del suelo como la propulsión de la máquina. Esta solución refleja un uso eficiente de recursos reutilizados, contribuyendo a mantener bajos los costos de fabricación.

Para la formación de surcos, se diseñaron bordas con geometría optimizada que favorecen un surcado uniforme y resistente al desgaste del suelo. En cuanto al sistema de soporte y transporte, se emplearon ruedas de “diablitos” (carretillas de mano), reconocidas por su durabilidad y capacidad de soportar cargas en terrenos irregulares. Su amplia disponibilidad local reduce costos y simplifica las reparaciones, fortaleciendo la autonomía de los agricultores. En la figura 5 presenta el prototipo terminado de la surcadora

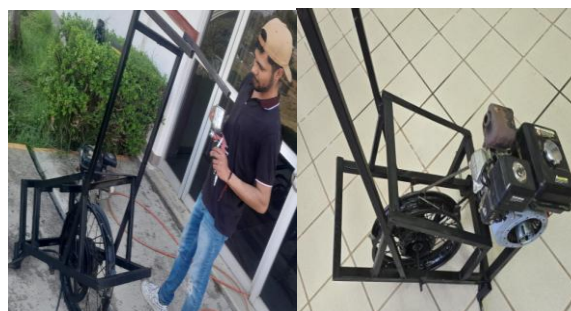


Figura 5. Prototipo terminado de la surcadora. Fuente: Elaboración propia.

La selección de materiales y componentes evidencia la aplicación de los principios de ingeniería, combinando diseño, funcionalidad y propiedades de los materiales. Este enfoque responde a la necesidad

de desarrollar tecnología apropiada para la región, priorizando accesibilidad, sostenibilidad y bajo impacto ambiental. El empleo de piezas comunes y reutilizadas no solo disminuye los costos iniciales y de mantenimiento, sino que también fomenta la resiliencia local.

Pruebas y evaluación de la surcadora

Las pruebas preliminares se realizaron en un entorno controlado dentro del instituto, simulando condiciones de campo. El prototipo demostró su capacidad funcional al generar surcos de 5 cm de ancho y 4 cm de profundidad, obteniendo una “buena respuesta” que validó el concepto y la funcionalidad básica del diseño. No obstante, esta puede variar entre 4 y 7 cm, dependiendo de factores como la humedad del suelo y la variedad cultivada. En la figura 6 se muestra una de las pruebas realizada.



Figura 6. Prueba de funcionamiento de la surcadora en instalaciones del ITSSNP. Fuente: Elaboración propia.

En la primera prueba se presentó dispersión de partículas que, debido a la velocidad, impactaban con fuerza al usuario. Por este motivo, en la segunda prueba se implementó el uso de careta y uniforme de protección, como se muestra en la figura 7.



Figura 7. Uso de careta y uniforme de protección para realizar la segunda prueba de funcionamiento de la surcadora

Discusión

A diferencia de lo señalado por García-Arias (2023), quien diagnosticó el uso de maquinaria agrícola por parte de proveedores de servicios de mecanización en Catamayo, zona caracterizada por suelos arcillosos y pedregosos, donde predominan arados de disco, surcadores, cultivadores y tractores de 95 hp para la preparación del terreno, en el presente estudio se propone el diseño y construcción de una surcadora de menor escala, orientada a contextos locales con recursos limitados, materiales de bajo costo y un enfoque en la accesibilidad y sostenibilidad

De manera complementaria difiere del estudio de Méndez Uvidia (2025), quien diagnosticó el nivel de mecanización agrícola en el cultivo de maíz en Santa Elena y destacó como principales limitaciones el alto costo de la maquinaria y las dificultades de financiamiento que obligan a los agricultores a recurrir al alquiler, mientras que el presente trabajo se centra en el diseño y evaluación de una surcadora de bajo costo. Este enfoque busca ofrecer una alternativa accesible y sostenible que permita a los productores reducir la dependencia del arrendamiento de maquinaria y, al mismo tiempo, fortalecer la autonomía productiva mediante el uso de materiales disponibles localmente y de fácil mantenimiento.

Asimismo, Walter (2025) validó las especificaciones técnicas del tractor de dos ruedas DUCATI DTL 13000 de 13 HP en labores de labranza primaria para maíz. A diferencia de este estudio, el presente trabajo se enfoca en el diseño y evaluación de una surcadora de bajo costo, construida con materiales accesibles y componentes reutilizados. Pues no es únicamente medir la eficiencia técnica, sino también favorecer la accesibilidad, el mantenimiento sencillo y la sostenibilidad en contextos agrícolas con recursos limitados.

Montoya Fernández, J. M. et al. (2025), desarrollaron una herramienta agrícola manual mediante CAD, CAM y FEA. Mientras que la presente investigación se ocupa para el diseño y simulación SolidWorks. Por su parte, Nixon da Rosa et al. (2024) propusieron un prototipo con surcadora-azada, mostrando resultados al conservar la limitada humedad disponible durante la siembra. A diferencia de este estudio, el cual se centra en el diseño y

evaluación de una surcadora de bajo costo, priorizando la accesibilidad, el mantenimiento sencillo y la utilización de materiales locales, más que la optimización del rendimiento bajo condiciones de déficit hídrico.

De modo que, la propuesta difiere de las surcadoras desarrolladas por Guamangate Vargas, J. M. (2024) ya que este emplea el modelo de diseño Pahl y Beitz mientras que el presente estudio se basa en el Proceso de Diseño de Ingeniería integrando diseño, simulación y construcción del implemento de manera práctica y adaptada a recursos locales.

A diferencia de la propuesta de Naula Alvarracin, J. I. (2024), quien evaluó la eficiencia de una herramienta manual para deshierbe mediante dos tratamientos, el presente estudio se centra en el diseño y evaluación de una surcadora de bajo costo, con enfoque en accesibilidad, mantenimiento sencillo y uso de materiales locales, buscando ofrecer una alternativa sostenible que mejore la autonomía productiva de los agricultores más allá de la simple reducción de costos.

Teniendo en cuenta la propuesta de Manobanda Mainato, J. P. (2024), quien evaluó el efecto del patinaje en la preparación de suelos para maíz bajo labranza convencional y mínima, reduciendo costos y tiempo de operación mediante el uso de drones y GPS, el presente estudio se centra en el diseño y evaluación de una surcadora de bajo costo, priorizando la accesibilidad, el mantenimiento sencillo y el uso de materiales locales, más que la optimización de la labranza o la reducción de patinaje.

Por otra parte, se difiere de la propuesta de Flores-Torres et al. (2021), quienes diseñaron y optimizaron el timón de un surcador mediante CAD y metodologías como Diseño Central Compuesto y Templado Simulado para reducir la masa hasta un 25 % sin comprometer la resistencia estructural, y de Ayub Siddique, et al. (2025), quienes evaluaron el efecto de la velocidad del motor en la tracción de un tractor eléctrico durante el arado, ya que el presente estudio se centra en el diseño y evaluación de una surcadora de bajo costo, priorizando la accesibilidad, el mantenimiento sencillo y el uso de materiales locales. A diferencia de estos trabajos, el enfoque no está únicamente en la optimización estructural ni en

el rendimiento del motor, sino en ofrecer una alternativa práctica, económica y sostenible para agricultores con recursos limitados

Conclusión

El prototipo de surcadora agrícola demostró ser funcional, accesible y adecuado para las condiciones locales. Su bastidor de PTR, su motor de dos tiempos y mecanismo de tracción con llanta de motocicleta garantizaron resistencia, potencia y eficiencia. Las bordas y ruedas de “diablitos” facilitaron la formación de surcos uniformes y el transporte en terrenos irregulares, mientras que el uso de materiales locales y reutilizados redujo costos y promovió sostenibilidad. Las pruebas preliminares confirmaron la capacidad del prototipo para generar surcos de 5 cm de ancho y 4 cm de profundidad, validando su diseño y funcionalidad. En conjunto, ofrece una herramienta práctica, económica y segura que facilita la preparación del suelo en terrenos inclinados.

Trabajo Futuro

Aunque los resultados iniciales fueron satisfactorios, se reconoce la necesidad de implementar mejoras derivadas de pruebas más exhaustivas, la retroalimentación de los usuarios y la consideración de aspectos como seguridad y durabilidad a largo plazo. Para consolidar el desarrollo del implemento, será indispensable realizar una fase de optimización más amplia, con ensayos ya en ejido de Eloxochitlán, Zacatlán, Puebla.

Referencias

- Ayub Siddique M. A., Seung-Min B. Seung-Yun B., Hyeon-Ho J., Jong-Dae P., Min-Jong P., Cheol-Woo Y., Min-Jae P., Yeon-Soo K., Wan-Soo K. & Yong-Joo K. 2025. Effect of motor speeds on traction performance of a single-motor electric tractor at various gear stages during plow tillage. Scientific reports. Pp.1-12.
- Flores-Torres M. C; Guerrero-Méndez C. P; Saldaña-Robles A, Reyes-Ramírez D; Alcántar-Camarena V. A. 2021. Cultura científica y tecnológica. Volumen 18, No. 3. Edición especial "Innovación en el Diseño de Producto". Pp. 1-9.

García-Arias, F; [Shkiliova L](#); and [Carvajal-Rivadeneira](#), A. (2023). Diagnóstico del uso de la maquinaria agrícola por los prestadores del servicio de mecanización. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 32, no. 2, abr.-jun., pp. 1. Gale OneFile: Informe Académico, link.gale.com/apps/doc/A766084721/IFME?u=anon~c9b1bb34&sid=googleScholar&xid=b428f906. Consultado el 14 de septiembre de 2025.

Guamangate Vargas. J. M. 2024. Diseño y construcción de surcadora con acople a motocultor YTO. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Mecánica. Ingeniería Automotriz. Ecuador Pp. 1-129.

Manobanda Mainato, J. P. (2024). Determinación del patinaje considerando la pendiente del suelo en dos sistemas de labranza para el cultivo de maíz (Zea mays L.) en la Estación Experimental Tunshi. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. PP. 1-70

Méndez Uvidia, A. L. (2025). Diagnóstico del nivel de mecanización agrícola en el cultivo de maíz Zea mays en la comuna San Marcos, parroquia Colonche, cantón Santa Elena. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias Agrarias. 38p.

Montoya Fernández, J. M; García Monsalve G. L; Arango Correa M; Parada Duque S. 2025. Ingeniería asistida por computadora: una metodología innovadora para el diseño de herramientas agrícolas para la agricultura familiar. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Minas, Departamento de Ingeniería Mecánica. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, ISSN-e 2500-8625, ISSN 1692-7257, Vol. 1, N°. 45, pp. 125-136

Naula Alvarracin. J. I 2024. Análisis de la eficiencia de una herramienta manual para deshierbe y aporque en el cultivo de maíz (Zea mays L.) en Nero, Azuay. Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ingeniería Agronómica. Ecuador.

Nixon da Rosa W; Vieira dos Reis A; Fabrício Ardaís Medeiros F; Fernando Ferreira M. 2024. Homogeneidad de distribución de soja por sembradoras desarrolladas para agricultura familiar. Pp. 1-23.

Walter, M. G. (2025). Comparativo técnico y económico de la yunta de buey con una motocultivadora Ducati DTL 13000 en la labranza de suelos. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Facultad de Ciencias Agrarias Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola. Pp. 1-113.

Currículo corto de los autores

Luis Alberto Villaseñor Rivera trabaja como docente en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla. Ingeniero Mecánico con más de 10 años de experiencia en supervisión de producción, control de calidad y gestión de operaciones. Experto en optimización de procesos, implementación de mejoras continuas utilizando herramientas como las 8Ds y AMEF, y capacitación de personal. Con una sólida trayectoria en el sector industrial y automotriz, demostrando habilidades de liderazgo y una actitud proactiva para la resolución de problemas y la satisfacción del cliente

Noemí González León, trabaja como docente en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de la Sierra de Norte de Puebla; Licenciada en Computación (UAEH, 1999), tiene una especialización en Sistemas y Plan eación (UAEH, 1999). Tiene una Maestría en Dirección Escolar (CLAP, 2007). Estudió el Doctorado en Ciencias en Sistemas Computacionales y Electrónicos en (UATX, 2015- 2018), es Experto Universitario en Energías Renovables y Eficiencia Energética por parte de la Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, España (2017); ha desarrollado servicios para la industria (documentación para software de facturación electrónica para la industria hotelera), proyectos de investigación (Aplicaciones robóticas para procesos industriales, procesos de control inalámbrico nacional, sistema de riego, agua ionizada automática, sistema híbrido, Seguro de remolques, entre otros), Cuenta con perfil PRODEP; participa activamente como profesora de tiempo completo en la División de Ingeniería Electromecánica Líder del Cuerpo Académico ITES-CA-05 y es gestora de su Institución ante la industria de su región.

Daniel Márquez Trejo, trabaja como profesor tiempo completo en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla, Ingeniero Electromecánico (ITSSNP, 2006), Maestría en Educación Matemática (UPAEP, 2013), Maestría en Ingeniería con Especialidad en Automatización y Control (Universidad Politécnica de Tlaxcala, 2016), cuenta con certificaciones en Automatización con Neumática Industrial, SolidWorks Mechanical Design Professional y SolidWorks Associate Mechanical Design. Ha desarrollado servicios para la industria (Diseño y construcción de una Máquina Hidráulica para Corte y Doble para Cuadros de Bicicleta el Conformado y Corte de Tubos de Bicicleta), proyectos de investigación (Diseño y Simulación de un Vehículo Semi Autónomo para Aplicaciones Agrícolas Sostenibles, Detección de Necesidades de Investigación en el Área de la Ingeniería Electromecánica. Cuenta con perfil deseable PRODEP, participa activamente como profesor de tiempo completo en la División de Ingeniería Electromecánica.

Erick Gómez Hernández, trabaja en el Tecnológico Nacional de México con sede en el Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla; Ingeniero Electromecánico egresado del ITA con especialidad en Automatización de Procesos Industriales. Tiene una Maestría en Ingeniería Mecatrónica con especialidad en Sistemas NanoElectromecánicos y aplicaciones en materiales Nanocompuestos. Realizó una especialización en Electroneumática por el ICATEP – FACT. Ha realizado trabajos de Diseño e Ingeniería para la industria en el sector de Manufacturero de Triciclos de carga. Ha realizado servicios a la Industria que van de la capacitación de personal en sistemas automáticos programables hasta la puesta en marcha de equipo especializado para la conformación de tubería estructural. Ha desarrollado diferentes investigaciones científico – Tecnológicas en aplicaciones de materiales no convencionales y estudio de materiales nanocompuestos. Posee amplia experiencia laboral en el sector industrial fungiendo como Especialista en sistemas Electromecánicos, Desarrollo de Proyectos Electromecánicos y Eléctricos, entre otros. Posee contribuciones importantes en el sector educativo con la dirección del desarrollo de trabajos cuspide con estudiantes del

programa de Ingeniería Electromecánica, elaborando trabajos en las áreas de control con PLC's y electromecánica cableada y el diseño de sistemas de generación de energía eléctrica amigables con el medioambiente.

Diego Armando López Ibarra es estudiante de Ingeniería Electromecánica en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla. Es Técnico en Contabilidad y egresado del Centro Escolar Presidente Juan N. Méndez, además de contar con formación como Técnico en Computación por el mismo bachillerato. Ha participado en proyectos de investigación en energías renovables y eficiencia energética.

Carlos Alberto Barrera Rodríguez, estudiante de la carrera Ingeniería Electromecánica en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla.

Rodrigo Francisco Gutiérrez Cabrera, estudiante de la carrera Ingeniería Electromecánica en el Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla; egresado del Colegio de Bachilleres Plantel 23, cinta negra en Taekwondo el 7/01/2021, Maestro de artes plásticas y escultura en plastilina; creador y diseñador de disfraces con material reciclado.

Yael Tello Peralta Montero, estudiante de Ingeniería Electromecánica en el Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla, egresó del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario *Leona Vicario Fernández* como técnico en soporte y mantenimiento de equipo de cómputo. En su tiempo libre se desempeña como piloto de drones FPV.

Valor agregado a las plantas medicinales para su comercialización: estudio de caso en el ITSLibres, Libres, Puebla

M. E. Hernández-luna¹ y J. Hernández-flores²,
Instituto Tecnológico Superior de Libres, Instituto Tecnológico Superior de Ciudad Serdán
mariaelena.hl@libres.tecnm.mx

Resumen

A lo largo de la historia, distintas culturas han empleado plantas medicinales para el cuidado de la salud. Actualmente, este mercado muestra un crecimiento sostenido: China es el principal comprador mundial y México uno de los principales proveedores (FAO, 2020). Antes de la pandemia de COVID-19, en el Mercado de Sonora (México) se comercializaban alrededor de 4 toneladas diarias de plantas medicinales; hoy la cifra alcanza 19 toneladas (SADER, 2022). No obstante, la mayoría proviene de recolección silvestre, lo que genera riesgos de pérdida de biodiversidad y alteración de ecosistemas. Además, su venta se realiza en fresco o seco, en presentaciones de bajo valor para los recolectores. Ante ello, resulta necesario implementar procesos de valor agregado que permitan aprovechar mejor los compuestos bioactivos, reducir el uso de materia prima y generar productos con mayor potencial comercial. Formular y evaluar presentaciones comerciales a partir de plantas medicinales cultivadas en el Jardín Agroecológico del ITSLibres, con el fin de incorporar valor agregado y fomentar un aprovechamiento sustentable. Desde 2020 se estableció un Jardín agroecológico de plantas medicinales en el Instituto, destinado a conservar sus principios activos y evaluar la adaptación del cultivo. Se emplearon especies como: *Calendula officinalis* (Caléndula), *Lavandula dentata* (Lavanda), *Salvia rosmarinus* (Romero), *Ruta graveolens* (Ruda), *Mentha spicata* (Hierbabuena), *Aloe vera* (Sábila), *Arnica montana* (Árnica), *Artemisia ludoviciana* (Estafiate), *Aloysia citrodora* (Cedrón), *Rosa gallica* (Rosa de Castilla) y *Baccharis salicifolia* (Azomiate). Con estas plantas se elaboró un kit de viaje integrado por seis productos: pasta y enjuague bucal, bálsamo desinflamatorio, jabón suavizante, bruma capilar anticaída, aceite relajante y shampoo. La aceptación

se evaluó mediante encuesta a 50 personas, seleccionadas por muestreo no probabilístico por conveniencia. Se utilizó una escala de Likert de cinco niveles de satisfacción, aplicada tras 15 días de uso del kit. El 80% de los participantes reportó estar totalmente satisfecho con el kit, el 10% muy satisfecho, el 5% neutral y el 5% poco satisfecho; nadie manifestó insatisfacción. Los productos mejor evaluados fueron el bálsamo desinflamatorio y el shampoo; en contraste, la bruma capilar y el aceite relajante obtuvieron menor aceptación relativa. Estos resultados evidencian que las plantas medicinales cultivadas pueden transformarse en presentaciones funcionales con buena aceptación entre consumidores. **Conclusiones:** La elaboración de productos con valor agregado a partir de plantas medicinales cultivadas reduce la presión sobre poblaciones silvestres y contribuye a la conservación de ecosistemas. Asimismo, permite un uso eficiente de los principios activos, ya que se requiere menos cantidad de materia prima que en la venta tradicional. El kit de viaje mostró alta aceptación, lo que respalda su potencial de comercialización.

Palabras Clave: Kit de viaje, ingrediente activo, bálsamo desinflamatorio, bruma capilar, polifenoles.

Introducción

El uso de plantas medicinales para la elaboración de productos cosméticos y remedios tradicionales tiene una larga historia que se remonta a miles de años. En tiempos recientes, la tendencia hacia lo natural y lo sostenible ha impulsado un renovado interés por los productos derivados de plantas, no solo por sus

propiedades curativas, sino también por su impacto ambiental mínimo y sus bajos costos de producción. La cosmetología natural y la fitoterapia son disciplinas que han ganado terreno en la actualidad y se enfocan en el uso de principios activos extraídos de plantas para la creación de cosméticos y remedios terapéuticos.

Cabe mencionar que hasta antes de la pandemia de COVID-19, en el Mercado de Sonora en la Cd. de México, se comercializaban cerca de 4 toneladas diarias de plantas medicinales; actualmente la cifra asciende a 19 toneladas por día, la mayoría recolectadas de forma silvestre. Este modelo genera riesgos sobre los ecosistemas y pérdidas en la diversidad vegetal. Adicionalmente, la venta se realiza en fresco o seco con presentaciones básicas, lo que limita la retribución económica al recolector.

Ante este panorama, surge la necesidad de dar un valor agregado a las plantas medicinales para optimizar el uso de sus principios activos, reducir la cantidad necesaria de materia prima y mantener sus beneficios terapéuticos. En este contexto, el Instituto Tecnológico Superior de Libres ha trabajado en la implementación de un Jardín agroecológico con el fin de cultivar y conservar plantas medicinales, impulsando al mismo tiempo la creación de productos comerciales innovadores.

Marco Teórico

Principios activos de las plantas medicinales

Las plantas medicinales han sido utilizadas desde la antigüedad debido a sus propiedades terapéuticas. En los últimos años, la investigación científica ha identificado diversos compuestos bioactivos en estas plantas que son susceptibles de ser empleados tanto para la salud como para la cosmética. Los principios activos más relevantes incluyen alcaloides, flavonoides, terpenos, fenoles, y saponinas, que poseen propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias y cicatrizantes (Rodríguez, *et al.*, 2020).

Un aspecto clave en la formulación de cosméticos es la extraer estos compuestos de manera eficiente para que mantengan su actividad biológica. Los extractos

de plantas como *Aloe vera* (sábila), *Lavandula dentata* (Lavanda) y *Chamaemelum nobile* (manzanilla) son ampliamente utilizados en cremas hidratantes y productos para el cuidado de la piel, debido a sus propiedades calmantes y reparadoras (López-Vallejos *et al.*, 2023).

Plantas medicinales en cosmética:

Aplicaciones y beneficios

El auge de la cosmética natural ha llevado a un resurgimiento del uso de plantas medicinales en la formulación de productos cosméticos. Se ha demostrado que los extractos vegetales pueden ofrecer soluciones para una amplia gama de problemas cutáneos, tales como la inflamación, el envejecimiento y la protección contra los daños ambientales.

Los productos cosméticos a base de plantas medicinales pueden dividirse en varias categorías:

- **Antioxidantes:** Plantas como el té verde y el ginseng contienen compuestos antioxidantes que ayudan a proteger la piel de los daños causados por los radicales libres (Carson, 2006; USANA., 2021). Estos compuestos previenen el envejecimiento prematuro y mejoran la elasticidad de la piel (ION, 2021).
- **Hidratación y regeneración celular:** Plantas como el Sábila y la Calendula son ampliamente utilizadas por sus propiedades hidratantes y cicatrizantes. El Sábila, en particular, es conocido por su capacidad para restaurar la barrera cutánea, promoviendo la regeneración celular (Ferraro, 2009).
- **Propiedades antimicrobianas:** Plantas como la manzanilla, la lavanda y el árbol de té han mostrado efectos antimicrobianos significativos, lo que las hace útiles en el tratamiento de afecciones como el acné, dermatitis o irritaciones cutáneas (Winska *et al.*, 2019).

En el periodo 2020–2024 la literatura muestra un incremento en estudios que documentan composición fitoquímica, mecanismos farmacológicos, y aplicaciones cosméticas de especies aromáticas y medicinales (p. ej. revisiones y metaanálisis sobre aloe, romero, lavanda, toronjil) (Catalano *et al.*, 2024).

Los productos herbolarios, fitoterapéuticos y cosméticos se distinguen por su finalidad, forma de uso y nivel de evidencia científica:

- **Productos herbolarios:** preparaciones tradicionales (infusiones, decocciones, macerados) usadas por la población con fines de salud o bienestar.
- **Fitoterapéuticos:** preparados estandarizados con evidencia farmacológica o clínica que se usan con objetivo terapéutico (dosis controlada, calidad y seguridad reguladas).
- **Cosméticos:** formulaciones tópicas cuya finalidad es limpiar, perfumar, cuidar o embellecer la piel/pelo; pueden incorporar extractos vegetales por sus propiedades antioxidantes, calmantes o aromáticas.

Elaboración sostenible de cosméticos y remedios herbales

La demanda de productos cosméticos naturales ha impulsado la investigación hacia métodos de elaboración sostenibles que minimicen el impacto ambiental y utilicen procesos ecológicos. En este sentido, la extracción verde y la biotecnología son tendencias emergentes en la fabricación de cosméticos y remedios herbales.

- **Extracción ecológica:** El uso de técnicas como la extracción en frío, extracción con CO₂ supercrítico y extracción hidroalcohólica minimizan el uso de solventes químicos y conservan los principios activos de las plantas. Estas técnicas están siendo cada vez más

adoptadas por la industria para cumplir con los estándares de sostenibilidad (Valle-Algarra *et al.*, 2014; Özcan *et al.*, 2019; Calvo, 2021; Rojas *et al.*, 2022).

- **Procesos sin aditivos sintéticos:** Los consumidores están demandando productos sin conservantes sintéticos ni productos de origen animal. Las investigaciones sugieren que las plantas como el romero y la lavanda contienen antioxidantes naturales que actúan como conservantes, permitiendo la elaboración de productos más naturales y menos procesados (Valková *et al.*, 2021).
- **Uso de envases sostenibles:** La industria cosmética también está adoptando envases biodegradables o reciclables para minimizar el impacto ambiental. Además, muchas marcas se están enfocando en la producción local y la obtención ética de plantas medicinales, lo que promueve economías circulares y la protección de los ecosistemas locales (Rani *et al.*, 2022).

Bases científicas comunes (fitoquímica y mecanismos)

- **Metabolitos activos frecuentes:** aceites esenciales (monoterpenos, sesquiterpenos), fenoles y polifenoles (ácido rosmarínico, flavonoides), mucílagos (*aloe*), taninos y saponinas. Estos compuestos confieren actividades antioxidante, antiinflamatoria, antimicrobiana, cicatrizante y moduladora del sistema nervioso (Khanam *et al.*, 2025; Sharma, 2021).

Mecanismos de acción relevantes: barrido de radicales (antioxidante), inhibición de enzimas proinflamatorias (enzima sintasa), acción antimicrobiana por perturbación de membranas (aceites esenciales) y modulaciones neurológicas (efecto ansiolítico/ sedante por terpenos y fenoles) (Nazzarro *et al.*, 2013).

Metodología

Diseño del Jardín agroecológico de plantas medicinales

Se estableció un jardín circular con un diámetro de 20 m de diámetro, subdividido en secciones radiales para la distribución de especies según sus requerimientos de luz, humedad y asociación botánica. El suelo fue previamente preparado mediante arado y nivelación, incorporando materia orgánica (compost maduro, 20 kg/m²), tezontle, gallinaza, leonardita y zeolita (1 kg/m²).

El área de cultivo se ubica en el Instituto Tecnológico Superior de Libres, en la Cd. de Libres, estado de Puebla. Se caracteriza por tener un clima templado frío con lluvias en verano y heladas en invierno, la temperatura anual promedio es de 17.5 °C con una mínima de 4°C y una máxima de 23°C. La precipitación total anual 914.8 mm, siendo septiembre el mes más lluvioso.

El riego se realizó por aspersión con frecuencia de 2 a 3 veces por semana, ajustando la lámina de agua de acuerdo con la temporada.

Material vegetal

Se trabajó con 11 especies de uso medicinal: Caléndula (*Calendula officinalis*), Lavanda (*Lavandula dentata*), Romero (*Salvia rosmarinus*), Ruda (*Ruta graveolens*), Hierbabuena (*Mentha spicata*), Sábila (*Aloe vera*), Árnica (*Arnica montana*), Estafiate (*Artemisia ludoviciana*), Cedrón (*Aloysia citrodora*), Rosa de Castilla (*Rosa gallica*), Azomiate (*Baccharis salicifolia*). Las plantas se propagaron algunas por semilla y otras por esquejes, asegurando material vegetal homogéneo y libre de plagas.

Manejo y cosecha

El mantenimiento incluyó deshierbe manual, control mecánico de plagas y fertilización orgánica (compost y zeolitas aplicado cada 6 meses). La cosecha de material vegetal se realizó en la fase fenológica de mayor concentración de metabolitos secundarios:

Las muestras se secaron en estufa de aire forzado a 60 °C hasta alcanzar humedad residual <10%, y posteriormente se almacenaron en frascos de vidrio ámbar en condiciones de oscuridad y temperatura ambiente (25 °C).

Procesamiento de los productos

A partir del material vegetal recolectado, se elaboraron extractos mediante técnicas de maceración en alcohol grado alimenticio o en agua destilada (planta:solvente, 1:5 p/v, a una temperatura de 60°C, agitación constante, durante 5-10 min), destilación por arrastre de vapor para aceites esenciales, y obtención de gel directo en el caso de *Aloe vera*.

Con dichos extractos se formularon los siguientes productos:

- **Higiene bucal:** pasta y enjuague a base de extracto hidroalcohólico de caléndula y menta.
- **Bálsamo desinflamatorio:** extracto de árnica y romero en base oleosa (petrolato y aceite de coco).
- **Jabón suavizante:** saponificación en frío con glicerina sólida, con aceites vegetales y extracto de lavanda.
- **Bruma capilar anticaída:** hidrolato de romero y lavanda.
- **Aceite relajante:** mezcla de aceites esenciales de cedrón y lavanda en aceite mineral como vehículo.
- **Shampoo:** base neutra enriquecida con extracto de sábila, romero y caléndula.

Resultados

Adaptación de las especies en el jardín medicinal

De las 11 especies establecidas, el 90% mostró adecuada adaptación a las condiciones de cultivo. Las especies con mayor vigor vegetativo fueron *Calendula officinalis*, *Salvia rosmarinus*, *Menta spicata*, *Aloe vera*. En contraste, *Rosa gallica* (rosa de castilla) presentó menor tasa de crecimiento y mayor susceptibilidad a plagas foliares, lo que sugiere la necesidad de un microclima más fresco o sombreado parcial.

Producción de biomasa y recolección

Se registraron diferencias en la producción de biomasa según la especie. Las plantas de mayor rendimiento (≥ 500 g/planta de materia fresca por ciclo) fueron *Aloe vera*, *Menta spicata* y *Calendula officinalis* y *Salvia rosmarinus*. En especies como *Ruta graveolens* y *Artemisia ludoviciana* el rendimiento fue menor (< 200 g/planta).

Elaboración de productos derivados

Se logró la obtención de extractos hidroalcohólicos, aceites esenciales e hidrolatos de las especies seleccionadas. Con estos, se formularon seis productos piloto: pasta dental, enjuague bucal, bálsamo desinflamatorio, jabón suavizante, bruma capilar, aceite relajante y shampoo.

La aceptación se evaluó mediante encuesta (n=50 voluntarios y voluntarias), seleccionadas por muestreo no probabilístico por conveniencia. Se utilizó una escala de Likert de cinco niveles de satisfacción, aplicada tras 15 días de uso del kit.

El 80% de los participantes reportó estar totalmente satisfecho con el kit, el 10% muy satisfecho, el 5% neutral y el 5% poco satisfecho; nadie manifestó insatisfacción. Los productos mejor evaluados fueron el bálsamo desinflamatorio y el shampoo; en contraste, la bruma capilar y el aceite relajante obtuvieron menor aceptación relativa. Estos resultados evidencian que las plantas medicinales cultivadas pueden transformarse en presentaciones funcionales con buena aceptación entre consumidores.

Conclusiones

El uso de plantas medicinales en la elaboración de cosméticos y remedios herbales ha adquirido mayor relevancia debido a sus beneficios comprobados, como sus efectos antioxidantes, antimicrobianos, regeneradores y calmantes. Sin embargo, para que estos productos respondan a la demanda de alternativas más naturales y respetuosas con el medio ambiente, es fundamental que su desarrollo se base en principios de sostenibilidad, aplicando métodos de extracción ecológicos y utilizando materiales biodegradables. La investigación en esta área avanza constantemente, enfocándose en la estandarización, la eficacia y la seguridad de las formulaciones.

A pesar de sus ventajas, la cosmética natural enfrenta retos importantes. Entre ellos destacan la falta de criterios unificados para definir qué es un “producto natural”, la variabilidad en la composición de los extractos vegetales, así como las dificultades para asegurar la calidad y estabilidad de los productos. Además, la seguridad de las formulaciones debe ser evaluada de manera exhaustiva para garantizar su uso seguro.

Este trabajo preliminar muestra que es posible implementar un modelo de aprovechamiento sostenible de un jardín medicinal destinado a la producción de artículos de higiene y cuidado personal. No obstante, es necesario avanzar en aspectos clave como:

Los análisis fitoquímicos que determinen la concentración de metabolitos activos en los extractos, Las pruebas microbiológicas que comprueben la inocuidad de los productos, los ensayos de estabilidad que evalúen el comportamiento de las formulaciones en distintas condiciones de almacenamiento y los estudios clínicos más amplios que validen la eficacia y seguridad en su aplicación.

En síntesis, la incorporación de plantas medicinales en la cosmética natural representa una opción con gran potencial, sin embargo, requiere un abordaje científico y sostenible que garantice su calidad, seguridad y aceptación en el mercado, para que posteriormente se convierta en una transferencia de tecnología para productores locales.

Fuentes de información

- Calvo, G.L. (2021). Extracción mediante CO₂ supercrítico. Portal de transferencia de conocimiento. Universidad Complutense. Madrid, España.
- Carson CF, Hammer KA, Riley TV. Melaleuca alternifolia (Tea Tree) oil: a review of antimicrobial and other medicinal properties. Clin Microbiol Rev. 2006 Jan;19(1):50-62. doi: 10.1128/CMR.19.1.50-62.2006. PMID: 16418522; PMCID: PMC1360273.
- Catalano, A., Ceramella, J., Iacopetta, D., Marra, M., Conforti, F., Lupi, F. R., Gabriele, D., Borges, F., & Sinicropi, M. S. (2024). *Aloe vera*—An Extensive Review Focused on Recent Studies. *Foods*, 13(13), 2155. <https://doi.org/10.3390/foods13132155>
- Ferraro, GM. (2009). Revisión de la aloe vera (Barbadensis Miller) en la dermatología actual. *Revista argentina de dermatología*, 90(4), 00. Recuperado en 20 de agosto de 2025, de https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-300X2009000400004&lng=es&tlng=es.
- Gil Rodríguez, J. R., Herrera Rojas, M. F., Mitre Velasco, Y., & Santamaría Rivas, C. (2020). *Compuestos activos en plantas utilizadas en la medicina tradicional mexicana*. Revista Digital Universitaria de la BUAP, 21(3).
- Khanam S, Mishra P, Faruqui T, Alam P, Albalawi T, Siddiqui F, Rafi Z, Khan S. Plant-based secondary metabolites as natural remedies: a comprehensive review on terpenes and their therapeutic applications. Front Pharmacol. 2025 May 19; 16:1587215. doi: 10.3389/fphar.2025.1587215. PMID: 40458805; PMCID: PMC12127327.
- López-Vallejos, A. P., Pabón-Corredor, D. F., & Mosquera-Suárez, J. C. (2023). *Caracterización fitoquímica de extractos de Calendula officinalis*. Revista ION, 36(1), 43-54.
- Meena Rani, N., Poondla, M., Nikhade, N. y Krishna, H. (2025). El impacto de los envases sostenibles en la intención de compra del consumidor. Academy of Marketing Studies Journal, 29 (4), 1-16.
- Nazzaro F, Fratianni F, De Martino L, Coppola R, De Feo V. Effect of essential oils on pathogenic bacteria. Pharmaceuticals (Basel). 2013 Nov 25;6(12):1451-74. doi: 10.3390/ph6121451. PMID: 24287491; PMCID: PMC3873673.
- Özcan, M.M., Ghafoor, K., Juhaimi, F. Al, I.A.M. Ahmed, E.E. (2019). Babiker, Effect of cold-press and soxhlet extraction on fatty acids, tocopherols and sterol contents of the Moringa seed oils, South African Journal of Botany, Volume 124, ISSN 0254-6299, <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2019.05.010>.
- Pallavi Sharma, Arti Tyagi, Pravin Bhansali, Shubhra Pareek, Vineeta Singh, Ashal Ilyas, Rajeev Mishra, Nitesh Kumar Poddar, (2021). Saponins: Extraction, bio-medicinal properties and way forward to antiviral representatives, Food and Chemical Toxicology, Volume 150, 112075, ISSN 0278-6915, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2021.112075>.
- Revista ION (2021). *Actividad antimicrobiana del extracto hidroalcohólico de Calendula officinalis L.* Revista ION, 34(1), 69-76.
- Rojas, M. J. O., Tráves, C.A.M; Cevallos, C.E.R. y N.M. Maldonado T. Extracción hidroalcohólica de polifenoles a partir de las hojas de cedrón (Aloysia citrodora Paláu), como ingrediente alimentario natural. Revista RENPYS. ISSN: 2953-6561.
- SADER, 2022. México, segundo lugar en el registro de plantas medicinales. Blog del Gobierno del Estado de México.
- USANA, 2021. La ciência detrás de um estilo de vida saudável. Blog de la empresa. Recuperado em 2 de agosto de 2 julio de 2025. <https://holausana.com/category/ciencia/>
- Valková V, Ďúranová H, Galovičová L, Vukovic NL, Vukic M, Kačániová M. In Vitro Antimicrobial Activity of Lavender, Mint, and Rosemary Essential Oils and the Effect of Their Vapours on Growth of *Penicillium* spp. in a Bread Model System. Molecules. 2021 Jun 24;26(13):3859. doi: 10.3390/molecules26133859. PMID: 34202776; PMCID: PMC8270289.
- Valle-Algarra, F.M., Mateo-Castro R., E.M. Mateo, J.V. Gimeno-Adelantado, M. Jiménez, (2014). Mycotoxins. Detection and Analysis by Classical

Techniques, Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition), Academic Press, ISBN 9780123847331, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00232-9>.

Wińska K, Mączka W, Łyczko J, Grabarczyk M, Czubaszek A, Szumny A. Essential Oils as Antimicrobial Agents-Myth or Real Alternative? Molecules. 2019 Jun 5;24(11):2130. doi: 10.3390/molecules24112130. PMID: 31195752; PMCID: PMC6612361.

Currículo corto de los autores

M.C. María Elena Hernández Luna,
Maestría en Ciencias en Mejoramiento Genético y Productividad-Área Ganadería,
Colegio de Postgraduados,
2008.

M.C: Judith Hernández Flores,
Maestra en Ciencias en Manejo Sostenible en Sistemas Agrícolas,
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla,
2018.

Dulces y postres a base de maíz como apoyo a la iniciativa “Vida saludable en escuelas”

M. De la Cruz Domínguez; A. López Herrera; R Cruz Aguilar.

Resumen: Ante el incremento de problemas de salud como la obesidad y la diabetes, México ha impulsado iniciativas para promover una alimentación saludable en las escuelas. En este contexto, el maíz se presenta como una base ideal para desarrollar dulces y postres alternativos y nutritivos, dada su importancia cultural y versatilidad. Se realizó un estudio bibliométrico, utilizando las bases de datos Scopus y Consensus, se propuso identificar la diversidad de estos productos tradicionales. Tras aplicar criterios de búsqueda específicos y un riguroso proceso de filtrado, la investigación se centró en 17 artículos relevantes de un total inicial de 168. Estos documentos analizan alimentos como el pozol, tejuino, atole agrio y nicuatole, entre otros. Los hallazgos revelan un creciente interés en el análisis composicional de estos productos, una destacada colaboración científica internacional (México-Estados Unidos) y una producción académica liderada por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. Se concluye que estos dulces y postres tradicionales de maíz no solo son una opción de consumo saludable, sino que también representan una valiosa herencia cultural que debe ser preservada y difundida.

Introducción

El maíz es uno de los ingredientes de importancia cultural en México debido a sus propiedades permite la preparación de diversos alimentos y su aporte energético (Singh et al., 2014; Martínez, 2024). De acuerdo con Sharma et al. (2015), la optimización de una harina para postres a base de maíz puede incrementar el valor nutricional e incluso al agregar harina de maíz a otros procesos (Lao et al., 2019). Sin embargo, se consumen algunos dulces y postres a base de maíz como lo es el nicuatole, el cual se ha

consumido de forma tradicional en la región de los Valles Centrales de Oaxaca. Este postre presenta características similares al flan o gelatina. Se elabora generalmente con maíz criollo, leche, agua, azúcar o piloncillo y canela (Morales-Sánchez et al., 2023).

Por medio de un análisis bibliométrico se puede medir la producción científica de algún tema de interés (Cortés-Rodríguez et al., 2022) además de la difusión científica (Archambault, 2004). Según Okubo (1997) puede haber algunas limitaciones propias del análisis debido a la diversidad de artículos, las revistas de dichos artículos y la participación de los autores, por mencionar algunos, sirven como indicadores para interpretar sobre el tema. Una ventaja al realizar este análisis de producción científica es el estado de la información disponible en cuanto a producción para futuras investigaciones (Jain et al., 2022).

Los problemas de salud en México han ido incrementando en los últimos años, destacando obesidad y la diabetes como principales preocupaciones. Según Aguilera-Bocanegra et al. (2021), México ha presentado un incremento hasta del 50% en obesidad y diabetes en las últimas dos décadas, de los cuales se da principalmente en niñas y niños de 8 a 9 años. En marzo del presente año, se ha implementado la iniciativa “Vida saludable en las escuelas” con el objetivo de cambiar los hábitos de alimentación, disminuyendo parcial o totalmente la venta de alimentos ultra procesados en las instituciones de nivel básico y superior.

Dado lo anterior, se propuso como objetivo de la investigación identificar la diversidad de dulces y postres a base de maíz en el territorio mexicano, mediante un estudio bibliométrico utilizando la base

de datos de Scopus y complementando con la herramienta de búsqueda científica Consensus.

Materiales y métodos.

En la primera faceta de esta investigación se fijó la fuente de la información, los indicadores y, por último, en procesamiento de los datos (Tabla 1), se seleccionó la plataforma de Scopus, por ser una de las bases más amplias de información y difusión científica. Los artículos que las palabras o criterios clave de búsqueda que no consideraba la base de datos de Scopus se complementaban con el Identificador de Objeto Digital (DOI, por las siglas de digital object identifier) encontrado en Consensus.

Con la información obtenida se preciso los siguientes datos:

- Artículos publicados por año
- Citas por año
- Instituciones que investigan el tema de interés
- Co-palabras presentes en los artículos
- Países mas citados en cuanto a publicaciones
- Red de trabajo entre autores

Los resultados fueron procesados y analizados con el software Bibliometrix (RStudio) a través de su interfaz Biblioshiny v5.0.

Resultados y discusión

Los parámetros de búsqueda en la base de datos de Scopues se describen en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros de búsqueda de la literatura científica consultada en Scopus.

Periodo de búsqueda	2025
Criterios de búsqueda	Título, resumen, palabras clave

Palabra o frase de búsqueda Zea mays L., postres, México, tradicional, composición

Resultados 168

Resultados totales 17

Se registró un total de 17 artículos que cumplen con los criterios de interés, los cuales han sido publicados entre 2020 – 2022 (Figura 1), lo cual indica que estos temas han tomado relevancia científica en los últimos años por los investigadores. En ese periodo se indica que este tema ha tenido poca investigación y nula difusión por algunos periodos en los que no se han presentado artículos publicados.

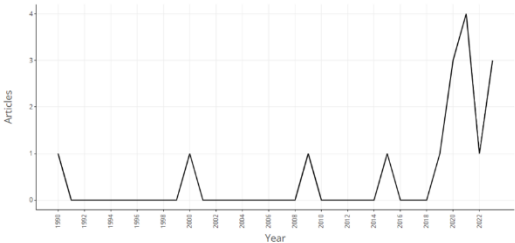


Figura 1. Artículos publicados sobre dulces y postres a base de maíz.

Las citas de estos trabajos (Figura 2) es similar al tiempo de publicación, ya que muestra la misma tendencia que es un tema relevante en los últimos años. Esto indica, que se ha incrementado la preocupación por conocer y resaltar procesos gastronómicos que caracterizan al territorio mexicano. Parte de los procesos tradicionales que se desarrollan agregan características únicas a los productos. El valor nutricional y gastronómico es propio de cada proceso.

Las instituciones (Figura 3) que se han dedicado a realizar y caracterizar dichos procesos tradicionales son el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo y la Universidad Nacional Autónoma de México. La realidad es que pocas instituciones se ha dedicado a abordar este tema, lo que pueden ser áreas de oportunidad para investigaciones futuras.

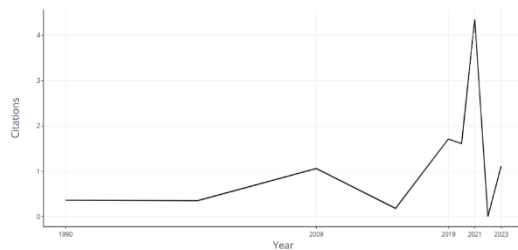


Figura 2. Citas por año

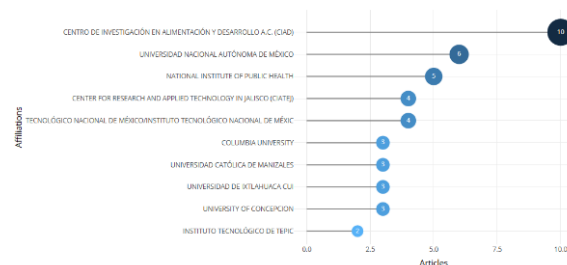


Figura 3. Instituciones que promueven la investigación científica del tema de interés.

México se posiciona como el más citado para este tema con 64 citas. Lo que refrenda la importancia cultural que posee a la diversidad de gastronómica del consumo de maíz. La Figura 4 pone de manifiesto la hegemonía de México en las investigaciones relacionadas con el maíz, seguido de otros países que, aunque con menor intensidad, participan de manera significativa en la producción científica y en la visibilidad internacional del tema.

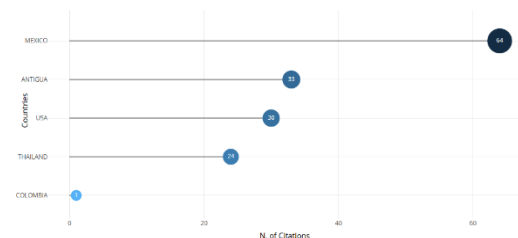


Figura 4. Citaciones por país.

En la red de co-palabras se observa que maize, article y zea mays son las palabras que más concurren en los artículos científicos. Los cuales son los nodos principales, y sobre maize y zea mays radica la relación con la experimentación en cuanto a composición y consumo alimentario. Esto pone de manifiesto la importancia que tiene México en relevancia al maíz tanto investigación básica como aplicada en su impacto nutricional y cultural.

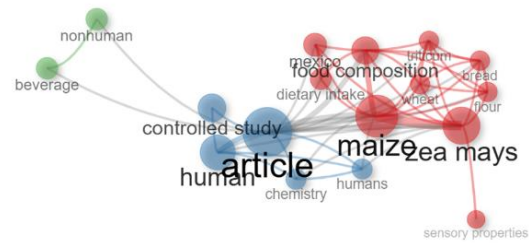


Figura 5. Red de co-palabras.

A pesar de ser México el país más citado, se aprecia que la interacción entre autores referente al tema de interés es casi nula (Figura 6). Esto es, que son grupos de trabajo que no interaccionan en investigaciones. Probablemente si estos grupos deciden trabajar en conjunto también se incrementa el desarrollo de más temas de investigación, además de mejorar la difusión de la información.

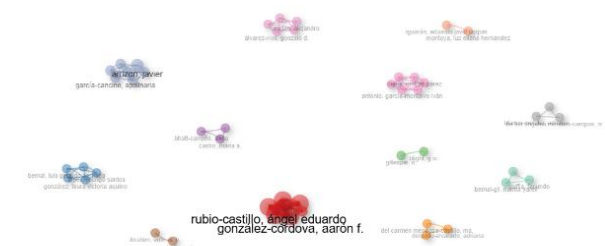


Figura 6. Red de co-citación entre autores de documentos referentes a los dulces y postres.

Conclusiones

Se logró analizar y profundizar la información científica relacionada con los dulces y postres a base de maíz e incluso en algunas bebidas características consumidas en algunos estados de la república mexicana además del enfoque que se le ha dado a cada uno de ellos. Siendo México el país más citado y además de contar con la institución que realiza mayor investigación sobre estos temas, la cual es el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (CIAD). Los productos que se incluyen en los artículos son pozol, tejuino, atole agrio, nicuatole, sende y Taspuyujun. Algunos solo se mencionan sin indicar más información sobre su aporte nutricional o demás características importantes lo cual reafirma el área de investigación oportuno para caracterizar dichos alimentos. Además de difundir la riqueza cultural será para promover la seguridad alimentaria.

Referencias

Aguilera-Bocanegra, S. P. ., Gamez-Fernández, A. ., Navarro-Perez, J. A. ., Solares-Alvarado, A. P. ., Tinajero-Castro, C. M. ., Trejo-Nava, E. P. ., & Ozuna, C. . (2022). El sobrepeso y la obesidad infantil en México y su relación con el consumo de azúcares . *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 16, 1–7.

Archambault, E. E. and Vignola, G. E. 2004. L'utilisation de la bibliométrie dans les sciences sociales et les humanités. Canada: science-metrix. Rapport final. Canada. 2-9 pp.

Bernal-Gil, N., Favila-Cisneros, H., Zaragoza-Alonso, J., Cuffia, F., & Rojas-Rivas, E. (2020). Using projective techniques and Food Neophobia Scale to explore the perception of traditional ethnic foods in Central Mexico: A preliminary study on the beverage Sende. *Journal of Sensory Studies*, 35. <https://doi.org/10.1111/joss.12606>.

Cortés-Rodríguez, C. A., Martínez-Gómez, G., Vega-Martínez, D., Sangerman-Jarquín, D. M., Cortés-Rodríguez, C. A., Martínez-Gómez, G., Vega-Martínez, D., & Sangerman-Jarquín, D. M. (2022). Capacitación para el emprendimiento agrícola: Un análisis bibliométrico. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 13(7), 1271–1283. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i7.3136>

Jain, J., Walia, N., Singh, S., & Jain, E. (2022). Mapping the field of behavioural biases: A literature review using bibliometric analysis. *Management Review Quarterly*, 72(3), 823–855. <https://doi.org/10.1007/s11301-021-00215-y>

Lao, Y., Yu, Y., Li, G., Chen, S., Li, W., Xing, X., Wang, X., Hu, J., & Guo, X. (2019). Effect of Sweet Corn Residue on Micronutrient Fortification in Baked Cakes. *Foods*, 8. <https://doi.org/10.3390/foods8070260>.

Martínez, E. (2024). Taspuyujun. *Archives on Food, Culture and Nutrition (AFOCUN-ICAF)*. <https://doi.org/10.17398/3020-3635.2.47>.

Morales-Sánchez. J.L., Hernández-Bautista. E, Sánchez-Medina, M. A., Pérez.-Santiago, A., Matías.-Pérez, D., & García.-Montalvo, I.A. I. (2023). Preliminary study of Nicuatole, a traditional endemic food based on Zea mays from the Central Valleys Region, Oaxaca, Mexico. *Emirates Journal of Food*

and Agriculture, 35, 839–843. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2023.3155>

Okubo, Y. 1997. Indicateurs bibliométriques et analyse des systèmes de recherche: méthodes et exemples. Documents de travail de l'OCDE sur la science, la technologie et l'industrie 1997/01. OECD Publishing. Paris, France. OCDE/GD(97)41. 69 p. Doi: 10.1787/233811774611.

Sharma, M., Mridula, D., & Gupta, R. (2015). Development of a Formulation for Instant Corn Based Dessert Mix Powder and Quality Evaluation: Research Advances. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 85, 191–202. <https://doi.org/10.1007/s40011-013-0267-6>

Singh, I., Langyan, S., & Yadava, P. (2014). Sweet Corn and Corn-Based Sweeteners. *Sugar Tech*, 16, 144–149. <https://doi.org/10.1007/s12355-014-0305-6>.

Currículo corto

Marlenne De la Cruz Domínguez: alumna de la licenciatura en Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Interserrana del Estado de Puebla, Ahuacatlán, 2025.

Abigail López-Herrera: Ingeniera en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, Puebla, 2017; Maestra en Ciencias, Universidad Autónoma Chapingo, 2024.

Ricardo Cruz-Aguilar: Ingeniero agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, 2016. Maestro en Ciencias, Universidad Autónoma Chapingo, 2024.

El nicuatole: evaluación sensorial de un postre tradicional en Ahuacatlán, Puebla

J. Galindo Trinidad; A. Galicia Hernandez; F. Hernandez Lopez; A López Herrera; R. Cruz Aguilar

Resumen: El nicuatole es un alimento tradicional prehispánico elaborado a base de maíz, consumido principalmente en la región de los Valles Centrales de Oaxaca (Morales-Sánchez et al., 2023). El objetivo de este trabajo fue estandarizar el proceso de elaboración del nicuatole a nivel laboratorio y evaluar la aceptabilidad sensorial con panelistas de Ahuacatlán, Puebla. Una vez estandarizado el proceso de elaboración, se llevó a cabo una evaluación sensorial de aceptabilidad con panelistas de la Universidad Interserrana del Estado de Puebla, en Ahuacatlán, Puebla. para lo cual se utilizó una escala hedónica de cinco puntos (1= me disgusta mucho y 5= me gusta mucho). En la evaluación sensorial aplicada a 39 panelistas, se obtuvieron los siguientes resultados: El 58.97% de los panelistas no les gustó ni disgustó el color; respecto al aroma, el 87.18% indicó que les gusta moderadamente; el sabor fue de gusto moderado para el 79.92% de los panelistas; en cambio, para el atributo consistencia, el 53.85% de los panelistas indicaron que no les gustó ni les disgustó. El producto elaborado fue aceptado sensorialmente en dos atributos sensoriales (aroma y sabor) de los cuatro que fueron estudiados.

Palabras clave: Nicuatole, Evaluación sensorial, Atributos sensoriales, Maíz.

Introducción

El territorio mexicano, rico en cultura y tradiciones, tiene al maíz (*Zea mays* L.) como uno de los pilares de su identidad cultural y gastronómica, cuya influencia perdura hasta la actualidad. Este cereal funge como ingrediente principal en numerosos platillos de la cocina mexicana (González-Cortés et al., 2016); un claro ejemplo es la tortilla, el cual, de

acuerdo con Salinas-Moreno et al. (2024), es altamente consumido en las zonas rurales, con un promedio de 217 gramos diarios por persona.

El maíz representa una de las principales fuentes de energía en la dieta de la población mexicana, esto es consecuencia de su composición nutrimental, la cual oscila entre 72% de almidón, 10% de proteínas y 4% de grasas; también aporta aproximadamente una densidad energética de $3.65 \text{ kcal} \cdot \text{g}^{-1}$ el cual puede variar según la raza de maíz (Ramau et al., 2014). Además, también aporta minerales y las vitaminas A, B, E y K (Siyuan et al., 2018).

A través de los años el maíz se ha consumido en diversas formas, lo cual da origen a una extensa gama de bebidas y postres tanto tradicionales, uno de estos es el nicuatole, el cual se ha consumido de forma tradicional en la región de los Valles Centrales de Oaxaca, este postre tiene una consistencia similar a la de flan o gelatina y se elabora generalmente con maíz criollo, leche, agua, azúcar o piloncillo y canela (Morales-Sánchez et al., 2023).

De acuerdo con Morales-Sánchez et al. (2023) las características fisicoquímicas que se obtuvieron del nicuatole destacan las siguientes 66.3738% de humedad, 2.1325% de proteína, 13.1731% de fibra 0.7563% de lípidos y 9.6271% de carbohidratos.

A pesar de que el nicuatole no goza con una popularidad en toda la república mexicana, tiene una importancia regional en Oaxaca al estar presente en la vida cotidiana y rituales. Además de que poco a poco se van reconociendo sus propiedades nutricionales y funcionales, esto último va de la mano con la creciente preocupación por la salud, la nutrición preventiva y el bienestar de los consumidores. Esto ha impulsado el interés por los alimentos funcionales, los cuales además de nutrir, aportan beneficios específicos a la salud humana.

Ante esta tendencia, surge la necesidad de revalorizar y adaptar platillos tradicionales para alinearlos con los principios de una alimentación funcional sin perder su identidad cultural. Por lo cual, el objetivo de este trabajo fue estandarizar el proceso de elaboración del nicuatole a nivel laboratorio y evaluar la aceptabilidad sensorial con panelistas de Ahuacatlán, Puebla con la finalidad de difundir como opción saludable este postre de origen prehispánico consumido en el estado de Oaxaca.

Materiales y métodos

Se realizó una búsqueda en donde se emplearon las metodologías de González-Amaro & Perales, (2016); Morales-Sánchez et al., (2023); Larousse Cocina, (2025) sobre los ingredientes y tiempos de preparación de elaboración del nicuatole siendo la masa, canela, azúcar los ingredientes más comunes, además de la adición de color, la cual puede ser cochinilla (*Dactylopius coccus*), colorante vegetal o azúcar carmín. El maíz utilizado para el desarrollo de esta investigación es criollo y comprado en el tianguis de la región.

Elaboración de mermelada

Para el proceso de elaboración fue considerado la metodología propuesta por FAO (1997) y S et al. (2024) con algunas modificaciones (Figura 2). La fresa utilizada para esta investigación fue comprada en el tianguis local.

Evaluación sensorial.

Se llevó a cabo una prueba de aceptabilidad del nicuatole a 39 panelistas no entrenados. En esta se evaluaron los atributos color, sabor, aroma y consistencia, utilizando una escala hedónica de 5 puntos los cuales son:

- (1) me disgusta extremadamente,
- (2) me disgusta moderadamente,
- (3) ni me disgusta ni me gusta,
- (4) me gusta moderadamente,
- (5) me gusta extremadamente.

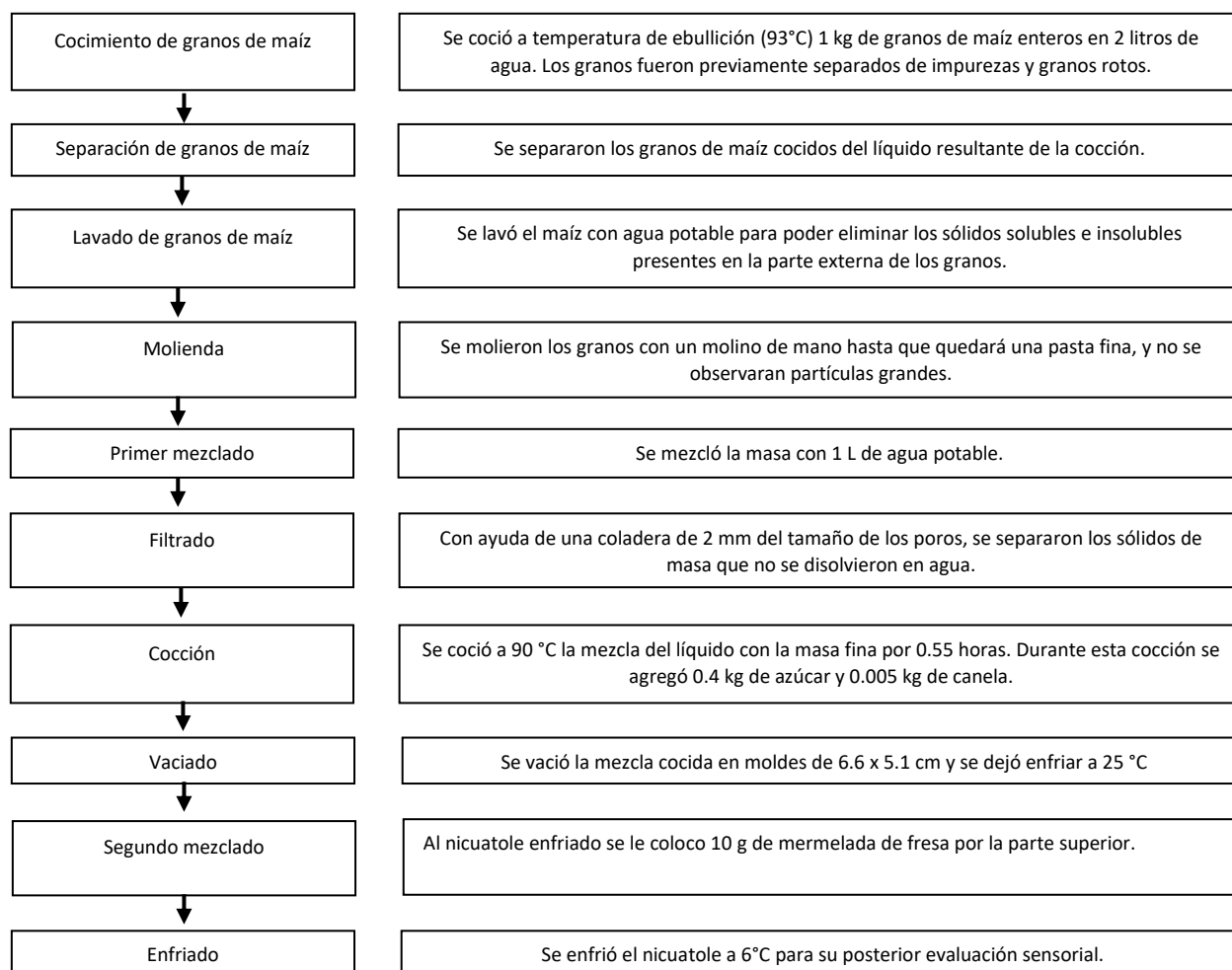
Resultados y discusión

Debido al acceso a los diferentes medios de difusión de la información que se tiene en la actualidad es normal que los pasos para la preparación de un alimento presenten variaciones. En la figura 1, se indica el proceso unificado de las diferentes preparaciones a las que se tuvo acceso. Al ser un producto derivado del maíz, se puede considerar que el nicuatole contine los péptidos activos que posee de forma natural y que ejercen su actividad biológica tras su liberación enzimática o hidrólisis química (Quesada, 2019; Richter, 2015). Estos péptidos pueden actuar como inmunomoduladores, antitrombóticos, hipocolesterolémicos, antiinflamatorios, antimicrobianos, antihipertensivos, vaso reguladores, antioxidantes, inductores de hormonas y neurotransmisores (García, 2013; Mulero, 2011). Sin embargo, el propio proceso de elaboración puede disminuir la presencia de estos compuestos debido a la temperatura y tiempo de cocción. Por lo cual, representa una alternativa de estudio el seguir estandarizando las etapas del proceso de elaboración.

Para esta investigación, los ingredientes para elaborar nicuatole fueron:

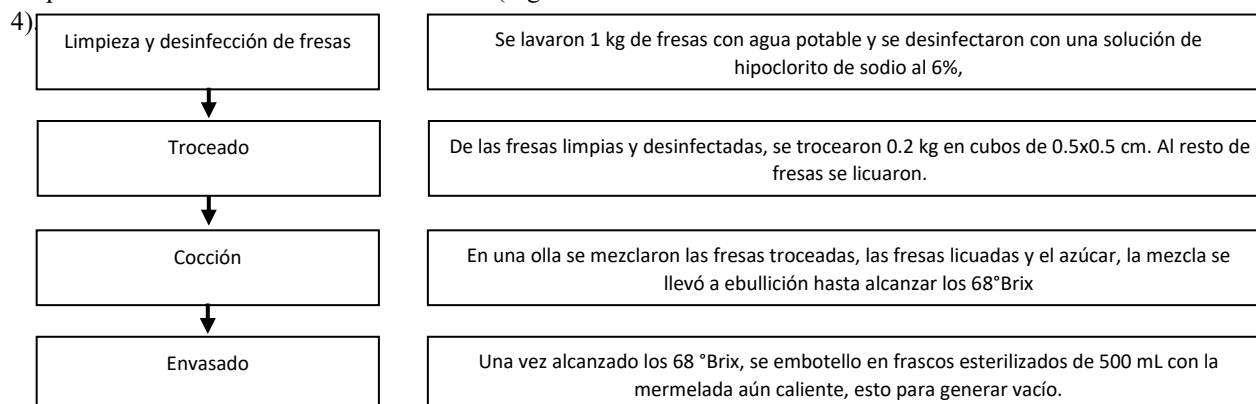
- 1 kg de maíz criollo sin nixtamalizar
- 1 L de agua potable
- 0.005 kg de canela.
- 1 kg de fresa.
- 0.4 kg de azúcar.

Y para la preparación del nicuatole, el proceso se describe en la Figura 1.

**Figura 1.** Diagrama de elaboración de nicanatole.**Elaboración de mermelada de fresa:**

La etapa de vaciado (Figura 1), es considerada una de las más, según González-Amaro & Perales (2016), es en esta etapa donde se evalúa la calidad del producto, si el producto presenta burbujas o fisuras al desmoldar es de mala calidad. El producto elaborado no presentó estas características indeseables (Figura 4)

La mermelada de fresa se utilizó como reemplazo de cochinilla (*Dactylopius coccus*), esto debido a que este insecto no está disponible en la zona de estudio. El procedimiento de la elaboración de mermelada se describe en la Figura 2.

**Figura 2.** Diagrama de elaboración de mermelada de fresa.

Evaluación sensorial

Los 39 panelistas que evaluaron el nicuatole se encuentran en un rango de edad de entre 13 y 50 años, y de sus respuestas más destacadas se observó que el 58.97% de los panelistas no les gustó ni disgustó el color; respecto al aroma, el 87.18% indicó que les gusta moderadamente; el sabor fue de gusto moderado para el 79.92% de los panelistas; en cambio, para el atributo consistencia, el 53.85% de los panelistas indicaron que no les gustó ni les disgustó (ver Figura 3).

Conclusión

La mala alimentación, derivada del consumo excesivo de calorías provenientes de alimentos procesados ha mermado significativamente la calidad de vida de la población. Frente a esto, el nicuatole se presenta como una alternativa natural que aporta fibra, vitaminas y minerales, siempre que se respeten los pasos adecuados durante su elaboración para preservar sus propiedades.

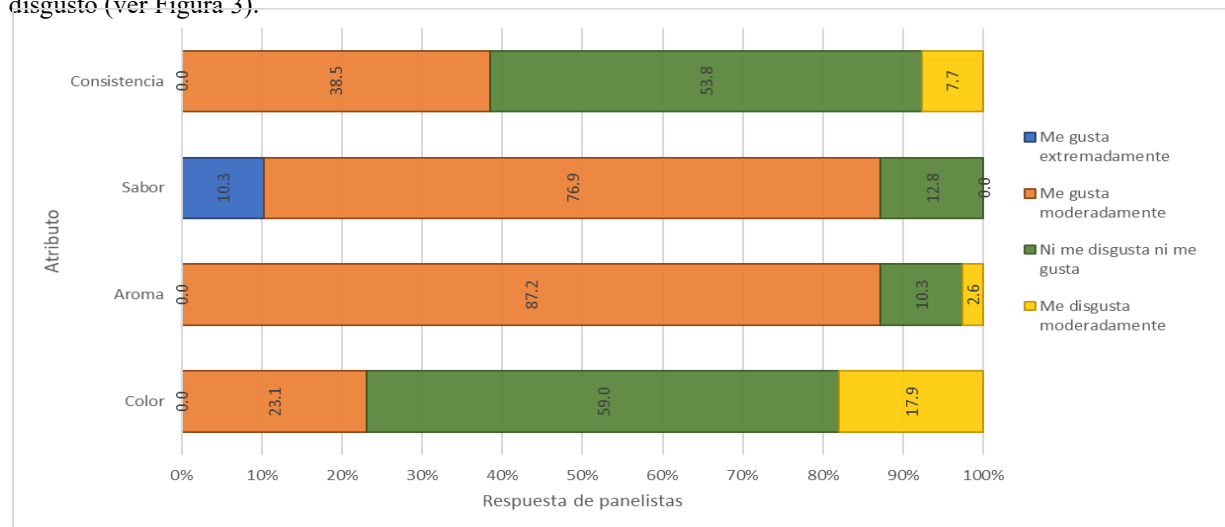


Figura 3. Respuestas de panelistas (en porcentaje).

El producto elaborado fue aceptado moderadamente sensorialmente en los atributos aroma y sabor, sin embargo, los atributos color y consistencia no fueron motivo de agrado ni desagrado por los panelistas, por lo que, al ser este un estudio exploratorio, se puede realizar cambios en el proceso para observar que insumos mejorar la aceptación de los atributos y posteriormente, evaluar las diferencias entre distintos tipos de consumidores (por edad, nivel educativo, sexo, origen, etc.).



Figura 4. Nicuatole envasado

Los resultados de la evaluación sensorial aportaron datos exploratorios sobre la aceptabilidad del producto obtenido de una receta preliminar, lo que sienta las bases para optimizarlo en futuras etapas.

Es fundamental impulsar tanto la divulgación del nicuatole como la investigación en torno a este postre tradicional, ya que aún existe un área de oportunidad para mejorar atributos como su color y textura. Estos ajustes podrían incrementar su aceptación entre el público. Paralelamente, una mayor difusión contribuiría a conservar y preservar la cultura y la identidad gastronómica de México.

Recomendaciones

Se recomienda diseñar distintos tratamientos en la formulación de ingredientes para evaluar su impacto en la consistencia y el color del producto. Una vez obtenidos estos tratamientos, sería pertinente someterlos a una evaluación sensorial con un panel

de mayores panelistas, a fin de obtener resultados más representativos. Además, se sugiere complementar el estudio con un análisis sensorial descriptivo que profundice en las características sensoriales de cada tratamiento, así como correlacionar estos datos con mediciones analíticas como un análisis de perfil de textura (texturometro) debido a que un buen moldeado indica que el producto es de calidad, y una evaluación colorimétrica con un colorímetro. Además, preparar el postre con maíz de color para reconsiderar si es necesario la adición de color al producto final y sustituir el uso de azúcar por xilitol. También, se recomienda caracterizar el maíz criollo utilizado en la investigación.

Referencias

FAO. *Procesamiento a pequeña escala de frutas y hortalizas amazónicas nativas e introducidas—Formulaciones*. (1997). Retrieved May 29, 2025, from <https://www.fao.org/4/x5029s/x5029s07.htm>

García, M. C., P. Puchalska, C. Esteve and M. L. Marina. 2013. Vegetable foods: A cheap source of proteins and peptides with antihypertensive, antioxidant, and other less occurrence bioactivities. *Talanta*. 106: 328-349.

González-Cortés, N., Silos-Espino, H., Estrada Cabral, J. E., Chávez-Muñoz, J.A., Tejero Jiménez, L. 2016. Características y propiedades del maíz (*Zea mays* L.) criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol.7 Núm.3 01 de abril - 15 de mayo, 2016 p. 669-680

González-Amaro, RM, & Perales, H. (2016). *Usos locales y preferencias de consumo como factores de la diversidad del maíz nativo de Oaxaca*.

Morales-Sánchez. J.L., Hernández-Bautista. E, Sánchez-Medina, M. A., Pérez.-Santiago, A., Matías.-Pérez, D., & García.-Montalvo, I.A. I. (2023). Preliminary study of Niquatole, a traditional endemic food based on *Zea mays* from the Central Valleys Region, Oaxaca, Mexico. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 35, 839–843. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2023.3155>

Mulero-Cánovas, J., P. Zafrilla-Rentero, A. M. C. Martínez, M. Leal Emir. J. Hernández and J. Abellán-

Alemán. 2011. Bioactive peptides. *Clin. Investig. Arterioscler.* 23: 219-227.

Niquatole ★ Larousse Cocina. (2025). *Larousse Cocina*. Retrieved June 29, 2025, from <https://laroussecocina.mx/palabra/niquatole/>

Quesada, D. and G. Gómez. 2019. ¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente. *Rev. Nutr. Clin. Metab.* 2: 79-8656.

Ranum, P., Peña-Rosas, J. P., & García-Cascal, M. N. (2014). Global maize production, utilization and consumption. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1312(1). 105-112. doi:10.1111/nyas.12396.

Richter, C. K., A. C. Skulas-Ray, C. M. Champagne and P. M. Kris-Etherton. 2015. Plant protein and animal proteins: ¿Do they differentially affect cardiovascular disease risk? *Adv. Nutr.* 6: 712-728.

Salinas-Moreno, Y., Gálvez-Mariscal, A., Severiano-Pérez, P., Vázquez-Carrillo, G., & Trejo-Téllez, L. L. (2024). Flavor and TASTE attributes and nutritional insights of maize tortillas from landraces of Mexican races. *Heliyon*, 10(7). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28314>

Siyuan, S., Tong, L., & Liu, R. (2018). Corn phytochemicals and their health benefits. *Food Science and Human Wellness*, 7(3), 185–195. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2018.09.003>.

S, A. K., Singh, N., & Sagar, P. (2024). Formulation and Optimization of Chia-based Strawberry Jam: A Functional Food Innovation. *Asian Journal of Food Research and Nutrition*, 3(2), 381–389.

Currículo corto

Jesús Galindo-Trinidad: alumno de la licenciatura en Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Interserrana del Estado de Puebla, Ahuacatlán, 2025.
Ángeles Galicia-Hernandez: alumno de la licenciatura en Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Interserrana del Estado de Puebla, Ahuacatlán, 2025.

Froylan Hernandez-Lopez: alumno de la licenciatura en Ingeniería Agroindustrial en la Universidad Interserrana del Estado de Puebla, Ahuacatlán, 2025.

Abigail López-Herrera: Ingeniera en Industrias Alimentarias, Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio, Puebla, 2017; Maestra en Ciencias, Universidad Autónoma Chapingo, 2024.

Ricardo Cruz-Aguilar: Ingeniero agroindustrial, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, 2016. Maestro en Ciencias, Universidad Autónoma Chapingo, 2024.

Conocimiento y prácticas sobre la pastilla de emergencia en universitarios de Ahuacatlán, Puebla

D. M. Galindo-Salvador, J. C. Bernal-Alzate*

Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo determinar el nivel de conocimiento sobre el uso adecuado de la anticoncepción de emergencia en las estudiantes de entre 18 y 23 años de la Universidad Interserrana del Estado de Puebla, Ahuacatlán. La investigación se realizó durante los meses de mayo y junio con una población total de 523 alumnas, mediante la aplicación de una encuesta adaptada del instrumento propuesto por Ojeda (2021). El análisis se realizó usando estadística descriptiva en Microsoft Excel 2021®. Los resultados mostraron que el 45.5 % de las participantes desconocía la forma correcta de uso, mientras que el 56.9 % la consideraba un método abortivo. Un 32 % indicó que podría prevenir enfermedades de transmisión sexual. El 84.9 % había utilizado la pastilla, obteniendo información principalmente de internet (27 %), lo cual coincide con hallazgos previos que advierten la escasa fiabilidad de esas fuentes. Entre los efectos secundarios reportados destacaron irregularidad menstrual (94.3 %), náuseas y vómitos (46 %) y sensibilidad mamaria (33.3 %). Se concluye que existe un uso frecuente e inadecuado de este método, motivado por falta de información confiable. Se recomienda implementar jornadas de educación en salud sexual.

Palabras clave: pastilla de emergencia, conocimiento, anticoncepción, salud sexual, estudiantes universitarios.

Introducción

La anticoncepción de emergencia constituye un recurso importante dentro de la salud sexual y reproductiva, al ofrecer una alternativa para prevenir embarazos no planeados después de una relación sexual sin protección o en caso de falla del método anticonceptivo habitual. Sin embargo, el

Conocimiento insuficiente sobre el uso y los mitos que la rodean pueden conducir a una administración incorrecta y a consecuencias adversas en la salud femenina.

En México, diversos estudios han evidenciado un incremento en el uso de la pastilla de emergencia entre adolescentes y mujeres jóvenes, principalmente debido a la accesibilidad y la falta de educación sexual integral. En el municipio de Ahuacatlán, Puebla, esta situación se replica, observándose un acceso limitado a información confiable y asesoría médica adecuada. La presente investigación se sustenta en la teoría del déficit de autocuidado de Dorothea Orem, la cual plantea que las personas requieren adquirir conocimientos y habilidades que les permitan tomar decisiones informadas respecto a su salud. Bajo esta perspectiva, el desconocimiento sobre el funcionamiento, indicaciones y efectos secundarios de la anticoncepción de emergencia refleja un déficit en el autocuidado relacionado a la salud sexual.

Metodología

El presente estudio se realizó en la Universidad Interserrana del Estado de Puebla, campus Ahuacatlán, durante los meses de mayo y junio. La población objetivo estuvo conformada por 523 alumnas de entre 18 y 23 años. Se empleó un enfoque cuantitativo, descriptivo y transversal. Los datos se recolectaron mediante una encuesta basada en el instrumento propuesto por Ojeda (2021), con adaptaciones pertinentes al contexto del estudio. El cuestionario incluyó preguntas sobre conocimientos, percepciones, prácticas y fuentes de información relacionadas con el uso de la pastilla de emergencia. Para el análisis de la información obtenida se utilizó estadística descriptiva. Los datos fueron procesados y

organizados mediante Microsoft Excel 2021®, permitiendo la generación de tablas y gráficos que facilitaron la interpretación de los resultados. El procedimiento cumplió con criterios éticos, garantizando el anonimato, la confidencialidad de los participantes y su consentimiento informado.

Resultados y Discusiones

El análisis de los datos reveló un desconocimiento significativo sobre el uso correcto de la anticoncepción de emergencia de entre las estudiantes. El 45.5 % de las participantes señaló no saber cómo administrarla adecuadamente, mientras que un 32 % manifestó creer que podría prevenir enfermedades de transmisión sexual. Asimismo, el 56.9 % la consideró un método abortivo, coincidiendo con estudios previos como el de Beltrán (2022), quien reportó que el 60% de una población similar tenía esta percepción.

En cuanto a su uso, el 84.9 % de las encuestadas indicó haber recurrido a la pastilla de emergencia, y el 27 % manifestó obtener información principalmente de internet. Este hallazgo es consistente con lo reportado por Chulde (2022), quien señaló que un 34 % de los jóvenes consulta fuentes digitales sin considerar su veracidad, incrementando el riesgo de información errónea. Los efectos secundarios más frecuentes fueron irregularidad menstrual (94.3 %), náuseas y vómitos (46 %), sensibilidad mamaria (33.3 %) y otros síntomas (28.7 %).

Estos datos concuerdan con la información emitida por la Organización Mundial de la Salud (OMS,2021), que señala la practica inadecuada de este fármaco como un factor de riesgo para la salud reproductiva. Finalmente, solo el 4% de las participantes expreso interés en recibir información sobre la correcta administración de la anticoncepción de emergencia y los métodos anticonceptivos, lo que refleja una falta de iniciativas educativas efectivas dentro del contexto universitario.

Análisis de resultados de la encuesta:

¿La anticoncepción de emergencia es un método para prevenir el embarazo de uso regular?

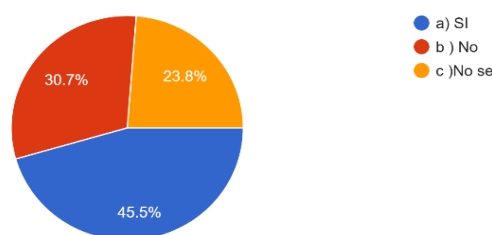


Figura 1. ¿La anticoncepción de emergencia te protege de enfermedades de transmisión sexual?

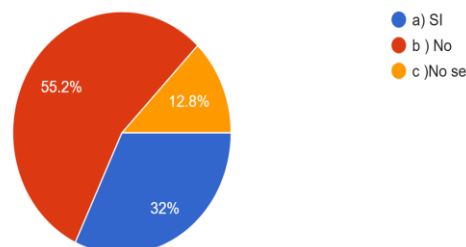


Figura 2.

¿La anticoncepción de emergencia es una píldora que induce el aborto?

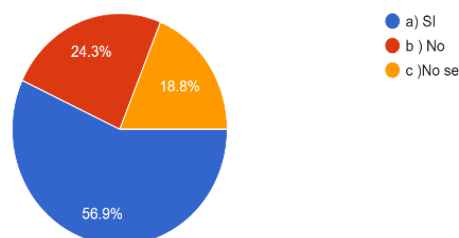


Figura 3.

¿Qué tan frecuente hace uso de esta píldora anticonceptiva de emergencia?

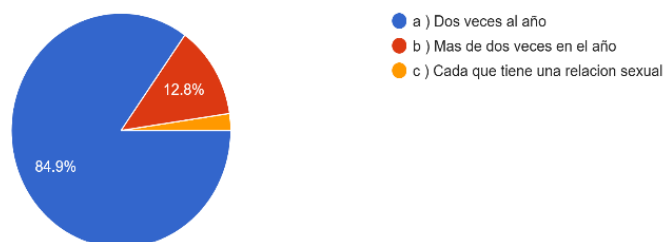


Figura 4.

¿Con quién ha recibido la información?

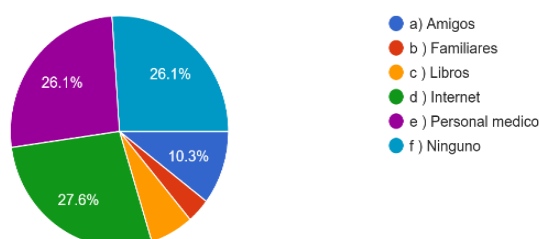


Figura 5.

Conclusión

La investigación permitió identificar un uso frecuente e inadecuado de la pastilla de emergencia entre estudiantes universitarias de la Universidad Interserrana del Estado de Puebla, Ahuacatlán. Este consumo está marcado por un desconocimiento generalizado acerca de su función, mecanismo de acción, indicaciones y posibles efectos secundarios

Los resultados evidencian que la mayoría de las participantes obtiene información sobre el uso de la

anticoncepción de emergencia a partir de fuentes poco confiables, principalmente internet, lo cual contribuye a perpetuar mitos y prácticas incorrectas. Ante este panorama, se recomienda implementar jornadas y programas de educación en salud sexual dentro de la universidad, con el objetivo de fortalecer el autocuidado informado, mejorar la salud reproductiva y disminuir riesgos derivados de un uso incorrecto del fármaco.

Referencias

Chulde, J. (2022). Uso de anticonceptivos de emergencia y percepción sobre sus perjuicios en estudiantes universitarias colombianas. Revista Médica de Salud, <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/emergency-contraception>,

Ojeda, J. (2021). Conocimientos y actitudes sobre el uso de anticonceptivos de emergencia entre estudiantes universitarios. Revista Mexicana de Salud Pública, <https://www.researchgate.net/publication/51421310>

Knowledge and attitudes about using emergency contraceptives among young college students

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2021). Anticoncepción de emergencia. Nota descriptiva <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/emergency-contraception>.

Palacios Beltrán, A. B., Salazar Torres, Z. K., & Espinosa Martín, L. (2022). Anticoncepción de emergencia: Evaluación del conocimiento y uso en estudiantes universitarias. Revista Boliviana de Salud Pública, <https://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2664-32432022>

(14) Currículo corto de los autores.

Dulce Magali Galindo Salvador: Estudiante de la Universidad Interserrana del Estado de Puebla Ahuacatlán. Autora Principal.

José Claudio Bernal Alzate: jefe de investigación y desarrollo tecnológico de la Universidad Interserrana del Estado de Puebla Ahuacatlán UIEPA. Director del proyecto. Claudio.bernal@uiepa.edu.mx

Evaluación sensorial en café (*Coffea arabica* L.) de especialidad, variedad Geisha

D. Cruz Flores, L. O. Galindo Marquez, J. C Bernal Alzate & K. Ortiz Trápala*

Resumen:

El presente trabajo aborda la evaluación sensorial del café de especialidad *Coffea arabica* L. variedad Geisha, reconocida por su alta calidad y perfil aromático distintivo. La investigación describe las etapas fundamentales del proceso del café de especialidad. El estudio se realizó con 496 kg de café cereza variedad Geisha. El café presentó fragancia con notas a grosella, fresa, frutos rojos. Los atributos de uniformidad, balance y taza limpia alcanzaron 9.33 puntos, dichos resultados confirman que la variedad Geisha, ofrece un perfil sensorial sobresaliente para ser considerado en los cafés de especialidad.

Palabras clave: Café, tueste, fermentación, especialidad, evaluación sensorial.

Introducción

La producción de café en la Sierra Norte de Puebla representa una de las principales actividades económicas de la región. En el municipio de Huitzilán de Serdán opera una cooperativa que desarrolla toda la cadena productiva del café desde la producción de planta hasta el desarrollo de subproductos. Los cafés de especialidad son los mejor valorados en el mercado, y para ser clasificados como tales, deben alcanzar una puntuación superior a 80 puntos sobre 100 según la escala establecida por la Specialty Coffee Association (SCA).

Cosecha

La recolección del café se realiza de manera selectiva, escogiendo únicamente los frutos maduros con un color rojo intenso, lo cual garantiza un mejor perfil sensorial en taza. La madurez del fruto influye directamente en el contenido de azúcares y

compuestos precursores del aroma y sabor. (Vaast et al., 2006). En cafés de especialidad, la cosecha manual selectiva es fundamental (López et al., 2021).

Beneficio húmedo

El beneficio húmedo comprende el despulpado, fermentación y lavado de los granos. Este proceso permite separar la pulpa del fruto y eliminar el mucílago de los granos mediante fermentación microbiana o mecánicamente, lo que influirá en el desarrollo de compuestos volátiles que determinan el perfil sensorial (Avallone et al., 2001). La calidad del café puede verse afectada por la duración y el control de la fermentación (De Bruyn et al., 2017).

Beneficio seco

Posteriormente, el café lavado se somete a un secado controlado hasta alcanzar una humedad entre 10 y 12 %. Este proceso puede realizarse bajo el sol, y es un paso crucial para evitar defectos por fermentación secundaria o proliferación de microorganismos indeseables (Schwan & Wheals, 2004). Un secado uniforme contribuye a preservar la estabilidad química sensorial del grano (Puerta Quintero, 2000).

Tueste

El tueste es una etapa clave donde el grano verde se transforma mediante reacciones químicas como Maillard y caramelización, generando compuestos aromáticos que definen el sabor del café (Baggeenstoss et al., 2008).

Evaluación sensorial

Finalmente el café es sometido a catación o evaluación sensorial, un análisis estandarizado que considera atributos como fragancia, aroma, sabor,

acidez, cuerpo, balance y uniformidad. Este proceso permite clasificar al café en categorías de especialidad cuando supera los 80 puntos en la escala de la Specialty Coffee Association (SCA) (Specialty Coffee Association, 2028).

Metodología

Se realizó una cosecha selectiva de 496 kg de café cereza variedad geisha, se midió su contenido de sólidos solubles ($^{\circ}$ Brix). Durante el beneficio húmedo se realizó un floteado para descartar cerezas vacías, inmaduras, sobre maduras o con insectos (broca) y también para eliminar el calor de campo, esto seguido de una fermentación anaeróbica durante 144 h. En el proceso de secado, el secador solar alcanzó temperaturas en un rango de 16.7 a 52 $^{\circ}$ C, en un periodo de 30 días, se trillaron 10 kg de café y se midió humedad. Posteriormente se realizó un tostado (Medio) en un rango de temperaturas de 105 $^{\circ}$ C a 216 $^{\circ}$ C, por último se realizó una evaluación sensorial del café tostado siguiendo la metodología descrita por la Specialty Coffee Association (SCA, 2000).

Resultados

El análisis del café cereza indicó una concentración de 17 $^{\circ}$ Brix, valor inferior al reportado por Admin (2022), quien señala que en variedades como *Geisha* una concentración cercana a 19 $^{\circ}$ Brix al momento de la cosecha favorece la calidad en taza. Durante el proceso de beneficiado húmedo, en la fase de floteado se separaron 6 kg de espumilla, lo que representó el 1.21 % del total recolectado. En cuanto a la fermentación, el café cereza presentó un valor inicial de pH 5.5, el cual descendió hasta 4.5 con una lectura final de 8 $^{\circ}$ Brix. Según Petrich (2020), detener el proceso en este rango es esencial para preservar atributos sensoriales como la acidez, el cuerpo y el dulzor.

El rendimiento de cereza a café bola (natural) fue de 26.21%, bajo condiciones de secado solar que oscilaron entre 16.7 y 52 $^{\circ}$ C de temperatura y 38.5 a 90.7 % de humedad relativa. Posteriormente, la trilla de 10 kg de café natural produjo 5.7 kg de café oro, a los que se les retiró un 13 % de granos defectuosos. El análisis de humedad en una muestra de 200 g de

café verde mostró un valor de 10.6 %, el cual se encuentra dentro del rango óptimo (10–12 %) reportado por Jurado-Chaná et al. (2009), quienes indican que, tras el lavado, el grano puede contener hasta un 53 % de humedad, reducida posteriormente mediante el secado.

Finalmente, en el proceso de tueste se alcanzó un rendimiento del 80 % con un tiempo total de 18 minutos y 50 segundos y una fase de desarrollo de 30 segundos. La temperatura del tostador inició en 200 $^{\circ}$ C y finalizó en 216 $^{\circ}$ C. La evolución térmica del proceso puede observarse en la Grafica 1, donde se ilustra la curva de tueste obtenida.



Grafica 1. Curva de tueste

La evaluación sensorial (Figura 1), el café presentó una fragancia con notas a grosella, fresa, frutos rojos, flor de naranjo y platano macho. En cuanto al sabor, se identificaron matices a piloncillo, frutas y licor de nanche, mientras que el sabor residual se percibió limpio.



Figura 1 Tazas para realizar la cata de café

La acidez fue descrita como brillante, metálica, tartárica y láctica, obteniendo una calificación promedio de 7.25. Este atributo se ve influido directamente por el proceso de fermentación-, Puerta et al. (2025) mencionan que dicha fermentación debe detenerse al alcanzar un pH entre 3.7 y 3.9 para conservar una acidez equilibrada.

El cuerpo fue catalogado como medio; de acuerdo con Coelo (2022), los cafés procesados de forma natural suelen presentar cuerpo más denso y con perfiles frutales más pronunciados. Los valores obtenidos para uniformidad, balance y taza limpia fueron de 9.33 cada uno, mientras que el dulzor alcanzó un puntaje de 8 (Gráfica 2).- El puntaje final del catador fue de 8.23, clasificando a este café como muy bueno dentro de la categoría de cafés de especialidad.



Grafica 2 Puntaje por catador

Citas

Avallone, S., Guyot, B., Brillouet, J. M., Olguin, E., & Guiraud, J. P. (2001). Microbiological and biochemical study of coffee fermentation. *Current Microbiology*, 42(4), 252–256. <https://doi.org/10.1007/s002840010213>

Bacon, C. M., Mendez, V. E., Gómez, M. E. F., Stuart, D., & Flores, S. R. D. (2017). *The right to coffee: Sustainability, livelihoods, and the contested future of specialty coffee*. Food First Books.

Baggenstoss, J., Poisson, L., Kaegi, R., Perren, R., & Escher, F. (2008). Coffee roasting and aroma formation: Application of different time–temperature conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(14), 5836–5846. <https://doi.org/10.1021/jf800327j>

Davis, A. P., Gole, T. W., Baena, S., & Moat, J. (2019). The impact of climate change on indigenous Arabica coffee (*Coffea arabica*): Predicting future trends and identifying priorities. *PLOS ONE*, 14(1), e0210164. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0210164>

De Bruyn, F., Zhang, S. J., Pothakos, V., Torres, J., Lambot, C., Moroni, A. V., Callanan, M., Sybesma, W., Weckx, S., & De Vuyst, L. (2017). Exploring the impacts of postharvest processing on the microbiota and metabolite profiles during green coffee bean production. *Applied and Environmental Microbiology*, 83(1), e02398-16. <https://doi.org/10.1128/AEM.02398-16>

International Coffee Organization. (2020). *Coffee market report*. <https://www.ico.org>

López-García, X., Morales, C., & Rodríguez, J. (2021). Sensory profile and market differentiation of Geisha coffee in Panama. *Journal of Coffee Research*, 45(2), 112–123.

López-García, X., Morales, C., & Rodríguez, J. (2021). Sensory profile and market differentiation of Geisha coffee in Panama. *Journal of Coffee Research*, 45(2), 112–123.

Pendergrast, M. (2019). *Uncommon grounds: The history of coffee and how it transformed our world*. Basic Books.

Peterson, R. (2020). Geisha coffee and the rise of specialty markets in Panama. *Coffee Journal*, 12(3), 55–68.

Puerta Quintero, G. I. (2000). El secado del café: Fundamentos y aplicaciones. *Cenicafé*, 51(3), 206–218.

Schwan, R. F., & Wheals, A. E. (2004). The microbiology of coffee fermentation. *Food Science and Technology Bulletin: Microbiology*, 1(6), 1–14. <https://doi.org/10.1616/1476-2137.13938>

Specialty Coffee Association. (2018). *SCA cupping protocol*. <https://sca.coffee>

Tolessa, K., D'Haene, E., Boeckx, P., & De Neve, S. (2016). Influences of growing altitude, shade and harvest period on quality and biochemical composition of Ethiopian specialty coffee. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(9), 2849–2857. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8114>

Vaast, P., Bertrand, B., Perriot, J. J., Guyot, B., & Génard, M. (2006). Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(2), 197–204. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2338>

Curriculum corto de los autores

- Diego Cruz Flores: Ingeniero Agroindustrial por la Universidad Interserrana del Estado de Puebla Ahuacatlán.
- Luis Oswaldo Galindo Marquez: Ingeniero Agroindustrial por la Universidad Interserrana del Estado de Puebla Ahuacatlán.
- José Claudio Bernal Alzate Doctor en Ciencia Agrícolas por la Universidad Autónoma de Baja California.
- Karla Ortiz Trápala Doctorante por la Universidad Autónoma Chapingo.

correo: al25610197@chapingo.mx,
kaortraz@gmail.com

Evaluación sensorial de atoles tradicionales a partir de masas fermentadas y no fermentadas

J Sánchez Ramos, B Martínez Bonilla, V Ortiz Trápala, G Pérez Esteban & K Ortiz Trápala*

Resumen: El maíz representa uno de los cultivos esenciales a nivel mundial, los productos elaborados con este grano constituyen un componente fundamental de la alimentación tradicional de sus habitantes. El atole agrio es una bebida fermentada, sin alcohol que se consume en el sureste de México y posee propiedades funcionales atribuibles a la fermentación. En este estudio se adquirieron 2 kg de masa de maíz blanco, y 2 kg de masa de maíz azul, de los cuales se tomó 1 kg de cada masa y se dejó a temperatura ambiente 24 ± 1 °C/24 h. Posteriormente se realizaron los cuatro atoles: Atole fermento morado (AFM), Atole fermento blanco (AFB), Atole morado (AM) y Atole blanco (AB).

Palabras Clave: *Atole, maíz azul, maíz blanco, fermentación y prueba sensorial.*

Introducción

Los alimentos a base de maíz forman parte principalmente de la dieta tradicional de las poblaciones indígenas de la región mesoamericana. El atole agrio es una bebida fermentada tradicional de origen mesoamericano, y particularmente consumida en regiones de México, la cual forma parte del patrimonio cultural y gastronómico del país, esta bebida es utilizada por algunas comunidades originarias con fines medicinales, ceremoniales y de consumo diario. Su preparación es de manera artesanal, ocurre una fermentación no alcohólica del maíz nixtamalizado lo que le confiera características organolépticas particulares. La fermentación se utiliza como una tecnología de bajo costo para mejorar la calidad microbiológica, las propiedades funcionales, [el valor nutricional](#) y [las propiedades sensoriales](#), como el sabor y la textura, de los alimentos de origen vegetal (Väkeväinen et al., 2017, 2019; Ramírez et al., 2019; Sweeney et al.,

2013) Este producto representa un alimento energético, también constituye un ejemplo de biotecnología tradicional, ya que su fermentación espontánea es llevada a cabo por consorcios de bacterias lácticas y levaduras, similares a las encontradas en otros productos fermentados como el pozol o el téjate (Escalante et al., 2004). Dichos microorganismos producen ácidos orgánicos, vitaminas y compuestos aromáticos, lo cual incrementa el valor nutricional y funcional de la bebida, esto lo convierte en un ejemplo práctico para resaltar los efectos sensoriales de los cultivos iniciadores individuales en el producto final (Pérez & Gallardo, 2018).

Además de su importancia cultural y alimenticia, el atole agrio posee gran potencial como alimento funcional debido a la presencia de microorganismos probióticos y los metabolitos que se generan, con propiedades benéficas para la salud intestinal (Camu et al., 2007).

A pesar de ello, este producto ha sido poco estudiado en el enfoque que se le dio en esta investigación, la cual se abre campo para la investigación y revalorización de bebidas fermentadas tradicionales.

Fermentación de alimentos

De acuerdo a [Solomons \(2002\)](#), la fermentación se define como el medio por el cual los microorganismos obtienen energía de los carbohidratos en [condiciones anaeróbicas](#). Como resultado, se generan productos moleculares, como ácidos de cadena corta, alcoholes y, en ocasiones, mayor producción de agua, carbohidratos, hidrógeno y metano. La fermentación tendrá éxito siempre que los microorganismos involucrados (bacterias, levaduras o mohos) encuentren el sustrato apropiado en condiciones favorables de pH y baja tensión de

oxígeno. Solomons (2022) también afirma que todos [los alimentos fermentados](#) comparten tres puntos en común en cuanto a su naturaleza química: (1) la acumulación de ácidos orgánicos, que eleva su nivel [de acidificación](#), produciendo a menudo etanol, (2) que como resultado del proceso, algunos nutrientes predigeridos están presentes como residuos, y (3) que para garantizar la estandarización en su producción, en muchos casos se añade una mezcla de microorganismos como [cultivos iniciadores](#) (Pérez-Armendáriz & Cardoso-Ugarte, 2020).

Beneficios para la salud de alimentos fermentados

El consumo de alimentos fermentados se relaciona con beneficios a la salud gracias a la acción de bacterias ácido lácticas con propiedades probióticas. Estos microorganismos vivos, al ingerirse en cantidades adecuadas, favorecen el equilibrio de la microbiota intestinal y estimulan funciones protectoras del sistema digestivo (Fuller, 1989; Peret Filho et al., 1998). Los principales géneros probióticos son *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* (De las Cagigas & Anesto, 2002; Lin et al., 2012). Por su parte, los prebióticos son compuestos no digeribles que estimulan selectivamente el crecimiento de bacterias benéficas en el colon y sirven como sustrato para los probióticos, destacando los fructooligosacáridos, galactooligosacáridos y la inulina (Gibson & Roberfroid, 1995; Roberfroid et al., 2010; Fernández-Carrocera et al., 2013).

Materiales y métodos

Elaboración de atoles

El atole agrio se preparó en la Universidad Interserrana del Estado de Puebla Ahuacatlán, Zacatlán, Puebla, México, de acuerdo con el proceso tradicional de fermentación del atole líquido, como se indica a continuación: se compraron 2 kg de masa de maíz blanco, y 2 kg de masa de maíz azul en una tortillería local, se dejaron a temperatura ambiente 26 ± 1 °C/24 h. Posteriormente se mezclaron 300 g de cada masa con 2 L de agua, se colocaron a fuego medio, una vez que comenzó la ebullición se añadieron 3 gramos de canela y 150 g de azúcar, se

realizó agitación constante durante la cocción (~ 17 minutos), los cuatro atoles se denominaron: Atole fermento morado (AFM), Atole fermento blanco (AFB), Atole morado (AM) y Atole blanco (AB) (**Fig 1**). Se mantuvieron a fuego lento durante 15 min, se entibiaron y se realizó la evaluación sensorial mediante una prueba de aceptabilidad por atributos con una escala hedónica de nueve puntos, a 48 panelistas no entrenados.



Figura 1 Muestras de cuatro atoles

Perfil sensorial

Se empleó una prueba de aceptabilidad por atributos con una escala hedónica de nueve puntos a 48 paneslistas no entrenados, seleccionados de manera aleatoria en la Universidad Interserrana del Estado de Puebla Ahuacatlán. A cada panelista se le proporcionaron muestras codificadas con números aleatorios de 3 dígitos.

Los atributos evaluados fueron: sabor global, dulzor, color, aroma global, acidez y consistencia. Para cada atributo, los participantes utilizaron una escala hedónica estructurada de 9 puntos, en la que 1 correspondió a “me disgusta extremadamente”, 2 “me disgusta mucho”, 3 “me disgusta moderadamente”, 4 “me disgusta poco”, 5 “ni me disgusta ni me gusta”, 6 “me gusta poco”, 7 “me gusta moderadamente”, 8 “me gusta mucho”, 9 “me gusta extremadamente”.

Los panelistas realizaron la evaluación de manera individual en un ambiente controlado, con iluminación adecuada y sin interferencia de ruido u olores. Entre cada muestra se les ofreció agua y galleta salda como neutralizante para el paladar. Los resultados obtenidos se recopilieron en hojas de evaluación y posteriormente se analizaron en el software Minitab17 para determinar el nivel de aceptación de las muestras.

Análisis estadístico

En el análisis estadístico se siguió la metodología descrita por Oliveira et al., (2017) con algunas modificaciones. Se realizó un análisis de varianza unidireccional (ANOVA) en el software Minitab 17, en caso de diferencias estadísticamente significativas, se utilizó la prueba Tukey ($p < 0.05$) para la comparación de medias.

Resultados

En cuanto al atributo sabor, atole blanco sin fermentar (AB) superó significativamente ($p < 0.05$) al resto de tratamientos 7.97 ± 1.19 y presentó una evaluación de “me gusta moderadamente a me gusta mucho”. En el atributo sensorial sabor Asimismo, fue el mejor calificado en dulzor (7.66 ± 1.34), y color (7.45 ± 1.38). Igualmente, en los atributos de aroma (7.29 ± 1.52) y consistencia (7.56 ± 1.58). En el atributo de acidez no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los distintos tratamientos (Tabla 1). En el futuro, el estudio de compuestos orgánicos volátiles podría ayudarnos a comprender las diferencias percibidas en el sabor de diversas variantes de atole agrio (Diez-Simon, Mumm y Hall, 2019).

Tabla 1: Resultados de perfil sensorial de 4 atoles de maíz.

Atributo	AFM	AFB	AM	AB
Sabor	6.70 ^B ± 1.78	6.58 ^B ± 1.86	7.08 ^B ± 1.68	7.97 ^A ± 1.19
Dulzor	6.81 ^B ± 1.77	6.85 ^{AB} ± 1.72	7.04 ^{AB} ± 1.35	7.66 ^A ± 1.34
Color	6.47 ^B ± 1.77	7.14 ^{AB} ± 1.71	6.77 ^{AB} ± 1.62	7.45 ^A ± 1.38
Aroma	6.47 ^{AB} ± 1.71	6.29 ^B ± 1.62	6.58 ^{AB} ± 1.64	7.29 ^A ± 1.52
Acidez	6.08 ^A ± 1.92	5.87 ^A ± 2.16	5.95 ^A ± 2.10	6.43 ^A ± 2.19
Consistencia	6.47 ^B ± 1.87	6.52 ^B ± 2.01	6.04 ^B ± 1.82	7.56 ^A ± 1.58

AFM = Atole fermento morado.

AFB = Atole fermento blanco.

AM = Atole morado.

AB = Atole blanco.

Referencias

- Blandino A., Al-Aseeri M., Pandiella S., Canterob D. y Webba C. 2003. Cerealbased fermented foods and beverages. *Food Research Int* 36:527-543.
- Camu, N., De Winter, T., Verbrugghe, K., Cleenwerck, I., Vandamme, P., Takrama, J. S., Vancanneyt, M., & De Vuyst, L. (2007). Dynamics and Biodiversity of Populations of Lactic Acid Bacteria and Acetic Acid Bacteria Involved in Spontaneous Heap Fermentation of Cocoa Beans in Ghana. *Applied And Environmental Microbiology*, 73(6), 1809-1824. <https://doi.org/10.1128/aem.02189-06>
- De las Cagigas, A., & Anesto, V. (2002). *Probióticos y prebióticos en la salud humana*. Editorial Complutense.
- Diez-Simon, C., Mumm, R., & Hall, R. D. (2019). Mass spectrometry-based metabolomics of volatiles as a new tool for understanding aroma and flavour chemistry in processed food products. *Metabolomics*, 15(3). <https://doi.org/10.1007/s11306-019-1493-6>

- Escalante, A., Giles-gomez, M., Hernandez, G., Cordovaaguilar, M., Lopezmungaia, A., Gosset, G., & Bolivar, F. (2008). Analysis of bacterial community during the fermentation of pulque, a traditional Mexican alcoholic beverage, using a polyphasic approach. *International Journal Of Food Microbiology*, 124(2), 126-134. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.03.003>
- Fernández-Carrocera, L. A., Solis-Herrera, A., Cordero-Reyes, A. M., García-Peña, C., Cuevas-Covarrubias, S. A., & Rodríguez-Weber, M. A. (2013). Prebiotics in infant formulae: A review. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 57(6), 791–802. <https://doi.org/10.1097/MPG.0b013e3182a3afaa>
- Fuller, R. (1989). Probiotics in man and animals. *Journal of Applied Bacteriology*, 66(5), 365–378. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.1989.tb05105.x>
- Gibson, G. R., & Roberfroid, M. B. (1995). Dietary modulation of the human colonic microbiota: Introducing the concept of prebiotics. *The Journal of Nutrition*, 125(6), 1401–1412. <https://doi.org/10.1093/jn/125.6.1401>
- Lin, W. H., Yu, B., Lin, C. K., Hwang, W. Z., Tsen, H. Y. (2012). Immune effect of heat-killed multistrain of *Lactobacillus acidophilus* in Balb/c mice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(23), 5595–5602. <https://doi.org/10.1021/jf401156v>
- Oliveira, D., Vidal, L., Ares, G., Walter, E. H., Rosenthal, A., & Deliza, R. (2017). Sensory, microbiological and physicochemical screening of probiotic cultures for the development of non-fermented probiotic milk. *LWT*, 79, 234-241. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.01.020>
- Peret Filho, L. A., Penna, F. J., Bambirra, E. A., & Nicoli, J. R. (1998). Dose response effect of *Lactobacillus acidophilus* on colonization resistance to *Escherichia coli* infection in gnotobiotic mice. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 31(8), 1129–1132. <https://doi.org/10.1590/S0100-879X1998000800013>
- Pérez-Armendáriz, B., & Cardoso-Ugarte, G. (2020). Traditional fermented beverages in Mexico: Biotechnological, nutritional, and functional approaches. *Food Research International*, 136, 109307. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109307>
- Pérez-Armendáriz, B., & Cardoso-Ugarte, G. (2020). Traditional fermented beverages in Mexico: Biotechnological, nutritional, and functional approaches. *Food Research International*, 136, 109307. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109307>
- Ramírez-Guzmán, K. N., Torres-León, C., Martínez-Medina, G. A., De la Rosa, O., Hernández-Almanza, A., Alvarez-Perez, O. B., Araujo, R., González, L. R., Londoño, L., Ventura, J., Rodríguez, R., Martínez, J. L., & Aguilar, C. N. (2019b). Traditional Fermented Beverages in Mexico. *Elsevier eBooks*, 605-635. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815271-3.00015-4>
- Ramírez-Guzmán, K. N., Torres-León, C., Martínez-Medina, G. A., De la Rosa, O., Hernández-Almanza, A., Alvarez-Perez, O. B., Araujo, R., González, L. R., Londoño, L., Ventura, J., Rodríguez, R., Martínez, J. L., & Aguilar, C. N. (2019). Traditional Fermented Beverages in Mexico. En *Elsevier eBooks* (pp. 605-635). <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-815271-3.00015-4>
- Roberfroid, M., Gibson, G. R., Hoyles, L., McCartney, A. L., Rastall, R., Rowland, I., ... & Watzl, B. (2010). Prebiotic effects: Metabolic and health benefits. *British Journal of Nutrition*, 104(S2), S1–S63. <https://doi.org/10.1017/S0007114510003363>
- Solomons, N. (2002). Fermentation, fermented foods and lactose intolerance. *European Journal Of Clinical Nutrition*, 56(S4), S50-S55. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601663>
- Sweeney, S., Steigerwald, D. G., Davenport, F., & Eakin, H. (2013). Mexican maize production: Evolving organizational and spatial structures since 1980. *Applied Geography*, 39, 78-92. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.12.005>
- Väkeväinen, K., Hernández, J., Simontaival, A., Severiano-Pérez, P., Díaz-Ruiz, G., Von Wright, A.,

Wacher-Rodarte, C., & Plumed-Ferrer, C. (2019). Effect of different starter cultures on the sensory properties and microbiological quality of Atole agrio, a fermented maize product. *Food Control*, 109, 106907.

<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.106907>

Väkeväinen, K., Valderrama, A., Espinosa, J., Centurión, D., Rizo, J., Reyes-Duarte, D., Díaz-Ruiz, G., Von Wright, A., Elizaquível, P., Esquivel, K., Simontaival, A., Aznar, R., Wacher, C., & Plumed-Ferrer, C. (2017). Characterization of lactic acid bacteria recovered from atole agrio, a traditional Mexican fermented beverage. *LWT*, 88, 109-118.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.004>

Valderrama, A. (2012). Diversidad de bacterias lácticas del atole agrio de Villahermosa Tabasco, México. *Universidad Nacional Autónoma de México*. <https://doi.org/UnpublishedBachelorsthesis>.

(14) Currículo corto de los autores.

- Jimena Sánchez Ramos, Blanca Martínez Bonilla: Pasantes de la Licenciatura en Gastronomía por la Universidad Interserrana del Estado de Puebla Ahuacatlán.
- Guillermo Perez Esteban: Maestro en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria por la Universidad Autónoma Chapingo.
- Victoria Ortiz Trápala: Maestra en Agroecología y Desarrollo Sustentable por el Colegio de Posgraduados.
- Karla Ortiz Trápala: Doctorante en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria por la Universidad Autónoma Chapingo.
- correo: al25610197@chapingo.mx,
kaortraz@gmail.com

Bio-Alert: detección de plagas y soluciones agroecológicas en cultivos y plantas de ornato

Autores: N. Gómez Islas, S. Suárez Hernández, A. Nájera Moctezuma, A. Martínez Hernández, Montserrat Martínez García, Magali Garrido García, Omar Luna Sánchez. M. Leguizamo Hernández.

Resumen

El presente estudio tiene como objetivo el desarrollo de **BIO-ALERT**, una aplicación móvil orientada a la detección temprana de plagas en cultivos frutales, basada en inteligencia artificial y principios agroecológicos. El proyecto surge ante la necesidad de incorporar la sostenibilidad ambiental y la innovación tecnológica en la agricultura mexicana, con el propósito de reducir las pérdidas productivas y el uso de agroquímicos. La investigación emplea un enfoque mixto que combina métodos cualitativos y cuantitativos, integrando entrevistas, encuestas y el diseño tecnológico mediante la metodología ágil de desarrollo de software SCRUM. **BIO-ALERT** se compone de una arquitectura distribuida que enlaza una aplicación desarrollada para el sistema operativo Android con un modelo de aprendizaje automático implementado en la nube, capaz de diagnosticar plagas a partir del reconocimiento de imágenes y proporcionar recomendaciones basadas en prácticas agroecológicas sostenibles. Los resultados esperados incluyen una reducción significativa de los costos asociados al control de plagas, una menor dependencia de insumos químicos y una mejora en la resiliencia de los sistemas agrícolas. En conjunto, esta investigación busca fortalecer la seguridad alimentaria y promover un modelo agrícola inclusivo, eficiente y ambientalmente responsable en beneficio de pequeños y medianos productores rurales.

Introducción

El presente estudio se centra en el desarrollo de una aplicación móvil denominada **BIO-ALERT**, orientada a la detección temprana de plagas en cultivos frutales mediante inteligencia artificial y principios agroecológicos. La necesidad de sustentar esta investigación en teorías y estudios previos radica en la importancia de abordar la problemática agrícola desde una perspectiva interdisciplinaria: en este caso

la agroecología como base de la sostenibilidad, y las tecnologías digitales como herramientas para la innovación en el campo. De esta manera se establecer un respaldo científico que articule conocimientos tradicionales y avances tecnológicos en beneficio de los pequeños y medianos productores. Los efectos negativos de las plagas agrícolas en países en desarrollo. Según la FAO (2023), ocasionan pérdidas de hasta un 40% en la producción anual de alimentos. En México, investigaciones del CIMMYT (2024) muestran que gran parte de los pequeños productores carecen de asesoría técnica y dependen del uso intensivo de agroquímicos, lo que genera altos costos y deterioro ambiental. En el ámbito tecnológico, Zhang et al. (2020) destacan que el uso de inteligencia artificial aplicada al reconocimiento de imágenes en la agricultura mejora la precisión de diagnósticos y permite optimizar la toma de decisiones. De igual manera, Altieri y Nicholls (2017) resaltan que la agroecología es un enfoque indispensable para enfrentar los desafíos de la agricultura intensiva, proponiendo prácticas sostenibles y resistencia ante el cambio climático. Asimismo, Floridi y Cowls (2019) subrayan la relevancia de la ética en la gestión de datos y la inclusión digital, señalando que las tecnologías deben adaptarse a los contextos sociales para garantizar autonomía y equidad. Estos antecedentes evidencian la pertinencia de diseñar soluciones tecnológicas adaptadas al contexto agrícola mexicano, integrando la sostenibilidad ambiental y la accesibilidad social. En este sentido resulta importante considerar las bases teóricas de la que se entiende como el estudio y aplicación de principios ecológicos al diseño y manejo de sistemas agrícolas sostenibles. Su propósito es reducir la dependencia de insumos externos y fortalecer la biodiversidad, garantizando la

resiliencia de los sistemas productivos (Altieri & Nicholls, 2017).

A la par el reconocimiento de imágenes mediante inteligencia artificial consiste en la aplicación de algoritmos de aprendizaje automático, especialmente redes neuronales convolucionales, capaces de identificar patrones en fotografías para clasificar objetos o fenómenos. En el ámbito agrícola, esta técnica se ha empleado para detectar plagas y enfermedades en tiempo real, optimizando la productividad y reduciendo el margen de error humano (Zhang et al., 2020). En este aspecto el uso intensivo de pesticidas en la agricultura convencional ha generado impactos ambientales significativos. Estos productos químicos no solo afectan a las plagas objetivo, sino que también alteran la biodiversidad del suelo, contaminan cuerpos de agua y representan riesgos para la salud humana (Aktar, Sengupta, y Chowdhury, 2009). Según un estudio en México, aproximadamente el 33.8% de los agricultores considera que la contaminación por pesticidas es muy alta, y alrededor del 10% indica que los efectos de estos químicos se perciben directamente en los campos de cultivo (Ceballos & Morales, 2025). En contraste, la agroecología promueve prácticas agrícolas sostenibles que reducen o eliminan el uso de pesticidas sintéticos, utilizando técnicas como el manejo integrado de plagas, la incorporación de microorganismos beneficiosos y abonos orgánicos. Estas estrategias mejoran la fertilidad del suelo, aumentan la biodiversidad y favorecen la resiliencia de los cultivos frente a plagas y enfermedades (Altieri, 2002; Gliessman, 2015). Además, la agroecología contribuye a la conservación de los recursos naturales y la mitigación del cambio climático, promoviendo una producción agrícola más sostenible y justa para las comunidades rurales (Gliessman, 2015). Integrar estas prácticas en el sistema propuesto permite no solo mejorar la gestión de los cultivos, sino también reducir los impactos negativos asociados al uso de pesticidas, promoviendo la salud ambiental y la seguridad alimentaria. Finalmente, la ética digital constituye otro pilar relevante. Según Floridi y Cowls (2019), el manejo responsable de la información en entornos tecnológicos agrícolas debe asegurar la privacidad de los datos de los usuarios y fomentar la justicia social, evitando brechas digitales que limiten la participación de comunidades rurales. Bajo este

marco, la presente investigación se plantea en base a las siguientes variables:

- **Variable independiente:** Uso de la aplicación móvil BIO-ALERT basada en inteligencia artificial y principios agroecológicos.
- **Variable dependiente:** Nivel de reducción de pérdidas ocasionadas por plagas en cultivos frutales de pequeños y medianos productores.

El análisis teórico y los antecedentes revisados anteriormente permiten establecer que la combinación de tecnologías digitales con enfoques agroecológicos constituye una estrategia viable para atender la problemática agrícola en México. BIO-ALERT busca llenar un vacío existente en el mercado de aplicaciones agrícolas: ofrecer una herramienta diseñada para pequeños productores, económica, accesible y validada científicamente. Su implementación contribuirá a reducir las pérdidas económicas por plagas, disminuir el uso de agroquímicos y fortalecer la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU (2015). En concordancia con lo anterior, se plantean los siguientes objetivos de investigación y desarrollo, que orientan la creación, validación y puesta en marcha de la aplicación; el objetivo general consiste en desarrollar y consolidar una aplicación móvil accesible, eficaz y basada en principios agroecológicos para la detección temprana de plagas en cultivos frutales, que permita a pequeños y medianos productores agrícolas mexicanos reducir pérdidas económicas, disminuir el uso de agroquímicos y fortalecer la resiliencia de sus sistemas productivos. Para lograrlo, se establecen los siguientes objetivos específicos:

1. Diseñar e implementar un sistema de diagnóstico automatizado de plagas basado en reconocimiento de imágenes y datos agroclimáticos locales, utilizando metodología ágil SCRUM.
2. Construir una base de datos colaborativa con biopreparados y prácticas agroecológicas,

integrando saberes tradicionales y evidencia científica.

3. Capacitar a los productores mediante talleres y foros digitales, fomentando la adopción de prácticas agrícolas sostenibles.
4. Validar la efectividad de la aplicación mediante pruebas de campo, midiendo la reducción de pérdidas económicas y la disminución en el uso de agroquímicos.
5. Alcanzar una base mínima de 8,000 usuarios en tres estados agrícolas estratégicos de México durante los primeros tres años de operación.

Metodología

La investigación se fundamenta en un enfoque mixto, integrando técnicas cualitativas y cuantitativas para obtener una visión integral de la problemática. En la fase cualitativa, se realizaron entrevistas semiestructuradas a pequeños productores agrícolas de la Sierra Norte de Puebla, con el objetivo de conocer sus experiencias, prácticas y percepciones sobre el control de plagas. En la fase cuantitativa, se aplicaron encuestas para obtener datos medibles respecto a la incidencia de plagas, los costos de producción y las pérdidas económicas. El desarrollo tecnológico de la aplicación móvil BIO-ALERT se llevó a cabo mediante la metodología ágil SCRUM, que se caracteriza por un trabajo iterativo y colaborativo en ciclos cortos denominados *sprints*. Esta metodología permitió organizar el proceso de programación, la integración de la base de datos agroecológica y la validación de la herramienta en campo, asegurando flexibilidad y mejora continua en cada etapa del desarrollo. La combinación del análisis social y técnico posibilitó que la aplicación responda tanto a las necesidades productivas de los agricultores como a los principios de sostenibilidad agroecológica. El área de estudio se estructura en tres dimensiones complementarias: geográfica, tecnológica y social, las cuales permiten contextualizar la pertinencia y alcance del proyecto. La investigación se localiza en la Sierra Norte de Puebla, una región agrícola reconocida por la producción de frutales de alto valor económico como manzano, peral, ciruelo y blueberry. Dichos cultivos presentan una alta vulnerabilidad frente a plagas como gorgojos, hongos y bacterias, lo que ocasiona

pérdidas significativas en el rendimiento y repercute de manera directa en la economía local y en la seguridad alimentaria de las comunidades rurales. La dimensión tecnológica corresponde al diseño y validación de la aplicación BIO-ALERT, sustentada en una arquitectura distribuida que integra la interacción del usuario con un modelo de inteligencia artificial alojado en la nube. El sistema funciona de la siguiente manera: la aplicación móvil, desarrollada en Android Studio, captura o recibe imágenes de los cultivos afectados y las envía a través de una API REST, que actúa como intermediario entre el usuario y el motor de inteligencia artificial. El backend se encuentra alojado en PythonAnywhere, donde se ejecuta un modelo entrenado en TensorFlow para la clasificación de imágenes. Una vez realizado el análisis, los resultados se devuelven a la aplicación, mostrando al agricultor un diagnóstico preliminar acompañado de recomendaciones agroecológicas. Los componentes principales de esta arquitectura son:

1. Aplicación Android: interfaz de usuario para la captura y consulta de imágenes.
2. API REST: conecta la aplicación con el modelo de IA.
3. PythonAnywhere: servicio en la nube que aloja el backend y asegura la disponibilidad del sistema.
4. TensorFlow: modelo de aprendizaje automático entrenado para identificar plagas en cultivos frutales.

Esta arquitectura tecnológica asegura la escalabilidad, el mantenimiento continuo y la accesibilidad para productores en comunidades con conectividad limitada, garantizando la viabilidad técnica del proyecto y fortaleciendo su impacto social. La dimensión social adquiere especial relevancia puesto que se orienta principalmente a pequeños y medianos productores agrícolas, considerados un sector estratégico para la seguridad alimentaria en México. Sin embargo, este grupo enfrenta limitaciones significativas en el acceso a asesoría técnica y herramientas digitales de bajo costo, lo que refuerza la necesidad de desarrollar soluciones inclusivas y adaptadas a sus condiciones específicas (CIMMYT, 2024). Dado este contexto, el desarrollo de la aplicación BIO-ALERT se planteó

mediante una metodología de trabajo ágil que garantizara resultados progresivos y ajustados a las necesidades de los usuarios. Se adoptó el ciclo de vida de la metodología SCRUM, estructurado en las siguientes fases:

1. Planificación (Product Backlog): Identificación de requisitos básicos y priorización de funcionalidades clave como el reconocimiento de imágenes, la integración de la base de datos y el sistema de alertas. De esta manera se elaboró un cuadro de planificación y de esta manera identificar de manera más eficiente los módulos de la aplicación. Refiérase a la **Tabla 1**.

Tabla 1: Cuadro de planificación.

Tarea ID	Historial Usuario	Estimado	Prioridad	Sprint
1	La aplicación debe reconocer imágenes de plagas para identificar problemas rápidamente.	8	1	1
2	El sistema debe integrar una base de datos de plagas y cultivos para consulta en tiempo real.	5	2	1
3	La aplicación debe generar alertas automáticas cuando se detecte una plaga en los cultivos.	5	3	1
4	El sistema debe ofrecer recomendaciones de soluciones basadas en bio-preparados ecológicos y no agroquímicos.	6	4	2
5	La aplicación debe permitir el registro de usuarios y mantener un historial de plagas detectadas y soluciones aplicadas.	4	5	2
7	La interfaz móvil debe ser intuitiva para facilitar el uso en campo.	3	7	3

2. Diseño del producto mínimo viable (MVP): Creación de un prototipo inicial con la capacidad de diagnosticar plagas a partir de imágenes tomadas en campo. Para ello se realizó un prototipo de diseño de la aplicación utilizando figma una plataforma web de diseño. Refiérase a la **Figura 1**. **Figura 2**. **Figura 3**.

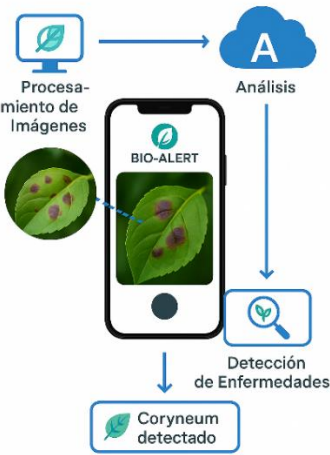


Figura 1: Idea de prototipo (funcionamiento).



Figura 2: Imagen de prototipo (redes colaborativas).

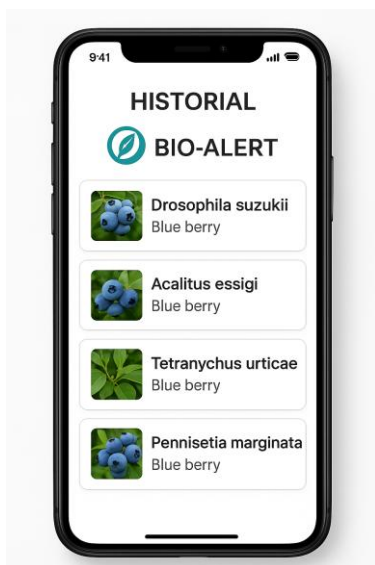


Figura 3: Imagen de prototipo modulo (historial).

3. *Desarrollo iterativo (Sprints)*: Construcción modular de la aplicación, incorporando progresivamente los distintos componentes: interfaz de usuario, módulo de red de apoyo y sistema de notificaciones. Que hasta este momento solo se encuentra en funcionamiento los siguientes módulos de la interfaz de usuario; registro, inicio de sesión y el módulo de escaneo de plagas. Refiérase a la **Figura 4. Figura 5. Figura 6. Figura 7.**

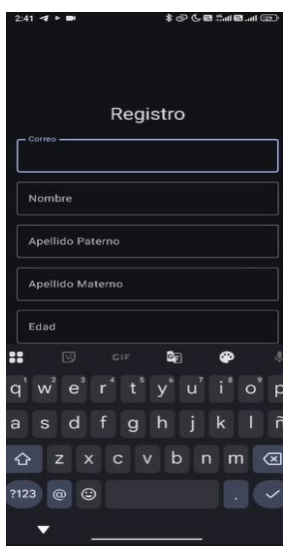


Figura 4: Modulo funcional (registro).



Figura 5: Modulo funcional (inicio de sesión).

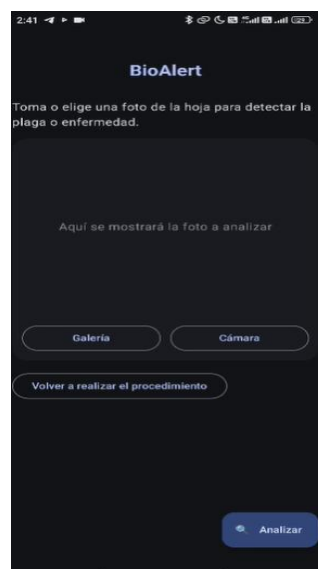


Figura 6: Modulo funcional escaneo de imágenes.

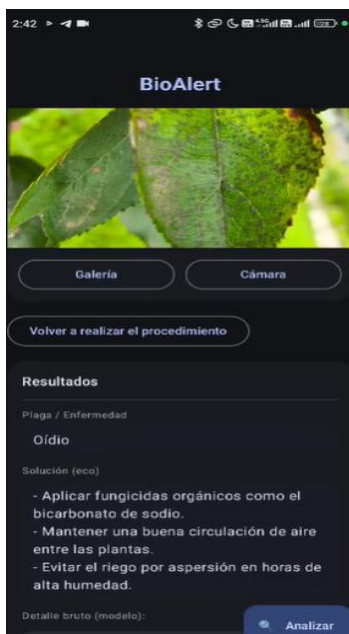


Figura 7: Modulo funcional resultado de escaneo de imágenes.

4. Revisión y retroalimentación (Sprint Review): Realización de pruebas piloto con agricultores, cuyos comentarios permitieron ajustar algoritmos de inteligencia artificial y la usabilidad de la interfaz. Refiérase a la **Figura 8. Figura.**



Figura 8: Pruebas de campo



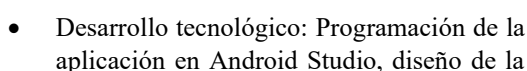
Figura 9: Platicas con agricultores locales

5. Implementación y despliegue: Integración de la base de datos en la nube, garantizando seguridad, escalabilidad y accesibilidad para comunidades rurales con baja conectividad. Refiérase a la **Figura 10.**



Figura 10: Imagen demostrativa del servidor online.

6. Mantenimiento y mejora continua: Incorporación de nuevas plagas, actualización de biopreparados y validación constante mediante retroalimentación de los usuarios. Refiérase a la **Figura 11 y Figura 12..**



- Salarios a programadores y equipo de investigación. Refiérase a la **Figura 14**.

[illegible]

- **Mantenimiento:** Actualización periódica del sistema y soporte técnico a usuarios.

El modelo de negocio se basa en un esquema freemium, donde el acceso básico a la aplicación será gratuito, pero se ofrecerán suscripciones accesibles de \$44 MXN mensuales para acceder a servicios avanzados, como reportes personalizados y soporte técnico especializado. Refiérase a la **Figura 15**.

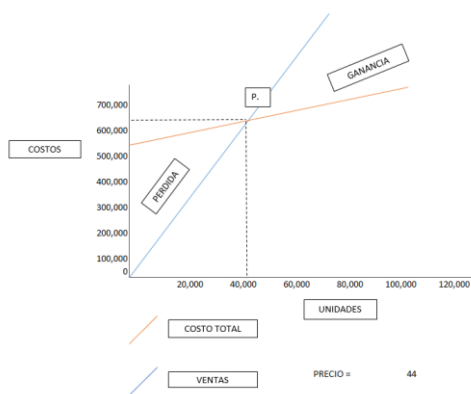


Figura 15. Costos de inversión.

Discusión (resultados)

El sistema propuesto permite la identificación de plagas y enfermedades en cultivos mediante un módulo de reconocimiento de imágenes, en el cual la aplicación móvil captura fotografías del cultivo y las envía a una API REST alojada en PythonAnywhere. La API procesa la información utilizando un modelo de TensorFlow, que compara la imagen con una base de datos previamente entrenada y devuelve un diagnóstico con un porcentaje de precisión. Siguiendo las recomendaciones de Goodfellow, Bengio y Courville (2016), el uso de modelos de aprendizaje profundo en reconocimiento de imágenes permite clasificaciones precisas y eficientes, lo que facilita la toma de decisiones en tiempo real. Actualmente, la aplicación se encuentra en desarrollo y el único módulo completamente implementado y funcional es el módulo de reconocimiento de imágenes, que constituye la funcionalidad principal de escaneo y diagnóstico de plagas y enfermedades. Hasta el momento, la base de datos contiene información únicamente sobre árboles frutales y algunas hortalizas, y la base de datos de hortalizas restantes aún está en construcción. Sin embargo, una vez que se complete la integración de estos datos, será posible incorporarlos al sistema de manera sencilla, aprovechando la arquitectura modular de la

aplicación y garantizando que todos los cultivos puedan ser diagnosticados correctamente. Esta etapa permite validar la funcionalidad central del sistema antes de integrar los módulos complementarios. La implementación del sistema se desarrolló siguiendo la metodología ágil Scrum, asegurando que cada módulo se construyera de manera iterativa y con mejoras continuas. La planificación inicial del Product Backlog permitió priorizar funcionalidades críticas, como el reconocimiento de plagas, la generación de alertas y la creación de una base de datos histórica. Durante los Sprints, el equipo llevó a cabo revisiones diarias (Daily Scrum) para monitorear avances, detectar posibles obstáculos y ajustar la estrategia de desarrollo, garantizando que cada iteración entregara un producto funcional y alineado con los objetivos del proyecto. Una vez que el diagnóstico es generado, los datos se almacenan en la base de datos del sistema, permitiendo realizar un seguimiento histórico de los cultivos y generar estadísticas sobre la incidencia de plagas o enfermedades. La revisión de estas funcionalidades se realizó en la etapa de Sprint Review, evaluando la efectividad del módulo y verificando que cumpliera con los criterios de aceptación definidos previamente. Laudon y Laudon (2020) destacan que la integración de bases de datos con aplicaciones móviles permite una gestión eficiente de la información y un análisis más completo de tendencias, fortaleciendo la toma de decisiones estratégicas. El sistema también incorpora un módulo de alertas, que notifica al usuario ante la detección de posibles plagas y recomienda acciones preventivas o correctivas basadas en la información registrada. Este componente se perfeccionó mediante la Sprint Retrospective, donde el equipo reflexionó sobre los resultados obtenidos y propuso mejoras continuas para optimizar la interacción con el usuario. Turban, Volonino y Wood (2018) señalan que los sistemas de información con alertas automatizadas aumentan la eficiencia de la toma de decisiones y reducen los riesgos operativos, lo que en este caso contribuye a la protección de los cultivos y a la reducción de pérdidas productivas. Adicionalmente, se incluyó un módulo de soluciones agroecológicas y red de apoyo, en el cual los usuarios pueden aportar prácticas sostenibles y recibir retroalimentación de expertos o de otros agricultores. Este enfoque colaborativo se gestiona a través de historias de usuario priorizadas en el Product Backlog, garantizando que las funcionalidades

desarrolladas respondan a las necesidades reales de la comunidad agrícola. Rogers (2003) explica que la difusión de innovaciones en entornos sociales favorece la adopción de prácticas sostenibles y promueve la mejora continua de los procesos. En términos de resultados esperados, el sistema demuestra su valor al combinar tecnología móvil, inteligencia artificial y metodologías ágiles. Como línea de futuras mejoras se proyecta:

- Mejorar la precisión en la identificación de plagas y enfermedades en un 80% en comparación con métodos tradicionales, gracias a la iteración constante y las pruebas de validación realizadas en cada Sprint.
- Reducir el tiempo de respuesta frente a problemas agrícolas mediante alertas oportunas optimizadas durante la planificación y retrospectiva de Sprints.
- Facilitar la creación de una base de datos histórica que respalde la toma de decisiones estratégicas, con evaluaciones periódicas realizadas en cada Sprint Review para garantizar la confiabilidad de la información.

En conjunto, estos resultados muestran que el sistema es una herramienta integral que no solo combina tecnologías avanzadas y gestión de información, sino que también se desarrolla bajo una metodología ágil que permite la adaptación continua, la mejora iterativa y una respuesta eficiente a las necesidades de los agricultores. Esta combinación fortalece la agricultura sustentable, la innovación comunitaria y la reducción de pérdidas productivas, demostrando la efectividad del enfoque Scrum aplicado a proyectos tecnológicos en el ámbito agrícola.

Conclusiones

El desarrollo del sistema propuesto representa un avance significativo en la aplicación de tecnologías digitales y de inteligencia artificial al sector agrícola. A través de la implementación de un módulo de reconocimiento de imágenes basado en modelos de aprendizaje profundo, se ha demostrado la capacidad de identificar plagas y enfermedades en cultivos con un alto grado de precisión, ofreciendo una herramienta práctica y accesible para los agricultores. Aunque actualmente el único módulo completamente

funcional es el de reconocimiento de imágenes, esta primera fase valida la viabilidad del sistema y sienta las bases para la integración de los demás componentes. La base de datos incluye información sobre árboles frutales y algunas hortalizas, lo que ha permitido realizar pruebas exitosas, y se prevé la ampliación hacia especies ornamentales en etapas posteriores. El uso de la metodología Scrum facilitó la organización del trabajo en etapas iterativas e incrementales, permitiendo entregar resultados funcionales de manera temprana y ajustarse a los requerimientos del proyecto. Esta metodología garantiza que el sistema pueda evolucionar de forma ágil y responder a las necesidades de los usuarios en cada fase de desarrollo. Por otra parte, la incorporación del módulo de soluciones agroecológicas y red de apoyo resalta la importancia de fomentar prácticas agrícolas sostenibles frente al uso de pesticidas químicos, los cuales generan altos niveles de contaminación en suelos y aguas. Esta visión fortalece la dimensión social y ambiental del proyecto, al promover alternativas que no solo resuelven problemas productivos, sino que también protegen los ecosistemas y mejoran la calidad de vida de las comunidades rurales. En conclusión, el sistema constituye una propuesta integral que combina inteligencia artificial, bases de datos, metodologías ágiles y prácticas agroecológicas, con el propósito de mejorar la detección de plagas, optimizar la gestión de cultivos y contribuir a una agricultura más sustentable. Se espera que, con la finalización e integración de los módulos restantes, la herramienta se convierta en un recurso de alto impacto para la toma de decisiones estratégicas en el sector agrícola.

Agradecimientos

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas que contribuyeron a la realización de este trabajo. En primer lugar, agradecemos a la profesora y asesora de este proyecto la Dra. Miriam Leguizamo Hernández, por su orientación, apoyo y retroalimentación constante durante el desarrollo del proyecto. Al ITSSNP (Instituto Tecnológico Superior de la Sierra Norte de Puebla) y al TECN (Tecnológico Nacional de México) por las oportunidades de desarrollo y crecimiento académico. De igual manera, se extiende el reconocimiento a todos los integrantes del equipo quienes colaboraron con ideas, esfuerzo y

compromiso para complementar las diferentes etapas de la investigación y el desarrollo del sistema.

Referencias

Aktar, W., Sengupta, D., y Chowdhury, A. (2009). *Impact of pesticides use in agriculture: Their benefits and hazards. Interdisciplinary Toxicology*, 2(1), 1–12.

Altieri, M. A. (2002). *Agroecology: The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. Agriculture, Ecosystems & Environment*, 93(1–3), 1–24.

Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2017). *Agroecología: bases científicas para una agricultura sustentable*. CLACSO.

Ceballos, L., & Morales, J. (2025). *Estudio sobre el impacto de los pesticidas en los suelos agrícolas de México. Revista Agroambiental*, 10(2), 45–58.

CIMMYT. (2024). *Informe anual sobre pequeños productores y prácticas agrícolas en México*. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo.

FAO. (2023). *El impacto de plagas y enfermedades en la producción agrícola mundial*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Floridi, L., y Cowls, J. (2019). *A unified framework of five principles for AI in society. Harvard Data Science Review*, 1(1). <https://doi.org/10.1162/99608f92.8cd550d1>

Gliessman, S. R. (2015). *Agroecology: The ecology of sustainable food systems* (3rd ed.). CRC Press.

Goodfellow, I., Bengio, Y., y Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press.

Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.

Laudon, K. C., y Laudon, J. P. (2020). *Management information systems: Managing the digital firm* (16th ed.). Pearson.

ONU. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. Naciones Unidas. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es>

Turban, E., Volonino, L., y Wood, G. (2018). *Information technology for management: Digital strategies for insight, action, and sustainable performance* (11th ed.). Wiley.

Zhang, J., Huang, Y., Pu, R., Gonzalez-Moreno, P., Yuan, L., Wu, K., y Huang, W. (2020). *Monitoring plant diseases and pests through remote sensing technology: A review. Computers and Electronics in Agriculture*, 165, 104943. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104943>

Importancia de los cuidados inmediatos y mediatos al recién nacido en el área de expulsión.

D. Herrera Ordoñez, R. Trápala Montiel.

Resumen:

El nacimiento constituye un proceso fisiológico crucial en el que el recién nacido debe adaptarse del medio intrauterino al medio extrauterino, siendo esta transición determinante para su supervivencia y bienestar. Sin embargo, algunos neonatos presentan complicaciones que requieren una atención oportuna y especializada. Este trabajo analiza la importancia de los cuidados inmediatos y mediatos que el personal de enfermería brinda en el área de expulsión, así como las principales acciones que conforman dicha atención. Se revisaron métodos de valoración del neonato mediante las escalas de Apgar, Silverman-Anderson y Capurro. Finalmente se enfatiza la relevancia de la NOM-007-SSA2-2016.

Palabras clave: recién nacido, cuidados inmediatos, cuidados mediatos, enfermería neonatal, evaluación neonatal.

Introducción

El nacimiento representa un momento trascendental en la vida del ser humano, en el cual deja de depender directamente de la madre y se producen importantes cambios fisiológicos en sus órganos. Aunque la mayoría de los recién nacidos realizan esta transición de manera eficaz, existe un pequeño porcentaje que presenta dificultades y requiere atención especializada.

Para superar estas vulnerabilidades, es fundamental la intervención del personal de enfermería, quien mediante cuidados adecuados garantiza la salud, el bienestar y la correcta adaptación del neonato al nuevo entorno. El conocimiento y la aplicación de los cuidados inmediatos y mediatos al recién

nacido de término en el área de expulsión son esenciales para brindar una atención de calidad, reducir riesgos y promover su desarrollo saludable.

La presente investigación tiene como propósito analizar la importancia de los cuidados inmediatos y mediatos del recién nacido en el área de expulsión, identificar las principales acciones que conforman dichos cuidados y evaluar si se aplican correctamente en el área de tococirugía.

Antecedentes históricos y surgimiento de las escalas neonatales

La obstetricia en la época precortesiana se encontraba en manos exclusivamente de las mujeres. “Tlamatquicitl” se llamaba entre los nahuatl a la partera, la cual no hacía ningún estudio, pero era respaldada por una larga experiencia práctica. El trabajo de parto era parte de una ceremonia social y religiosa que finalizaba al nacimiento del producto.

Para el año 1953, Virginia Apgar dio un gran paso al construir su escala para evaluación del grado de asfíxia perinatal y de adaptación a la vida extrauterina, la cual aún es usada en la actualidad.

El Doctor. William Silverman y Dorothy Andersen crearon la escala de Silverman en 1956 y constituye una forma fácil, rápida y sencilla de aprender para evaluar los problemas respiratorios de los recién nacidos en una escala del 0 al 10 donde a medida que la puntuación aumenta es indicativo de mayor dificultad al respirar.

En 1978, el Doctor. Reinaldo Capurro desarrolló la escala de Capurro para la evaluación de la edad gestacional en recién nacidos. Esta escala se basa en la evaluación de diferentes características físicas del recién nacido, como el aspecto de la piel, el

desarrollo de los genitales y la formación del vello pubiano, entre otros.

Cuidados Inmediatos

Aspiración de las secreciones de boca y nariz.

Cuando sale la cabeza del recién nacido, el médico aspira la boca y nariz para facilitar la respiración. En el momento en que el recién nacido respira por primera vez, el aire penetra en las vías respiratorias de los pulmones.

Pinzamiento, corte y ligadura del cordón umbilical.

El médico coloca al recién nacido con la cabeza un poco más abajo que el resto de cuerpo de la madre (para recuperar la mayor cantidad posible de sangre para el recién nacido) y pinza el cordón umbilical con dos pinzas colocadas más o menos a 5 cm del abdomen del recién nacido y después corta el cordón entre ellas.

Limpieza y prevención de la pérdida de temperatura.

Es importante mantener la temperatura corporal del recién nacido; los recién nacidos que sufren descensos marcados de la temperatura corporal pueden desarrollar problemas de tipo metabólico. Para evitar la pérdida de calor, se debe secar al recién nacido y utilizar frazadas templadas que suministren calor.

Métodos para la valoración del recién nacido

Test de APGAR

La evaluación de la salud del recién nacido comienza de inmediato. Una de las primeras revisiones que se realiza es el examen de APGAR.

El examen de APGAR es un sistema de puntuación ideado por la Doctora Virginia Apgar, una anestesióloga, para evaluar la condición del recién nacido al minuto y a los cinco minutos después del nacimiento.

Test de Silverman Anderson

Es una herramienta crucial para la detección temprana de la dificultad respiratoria en recién nacidos. Su uso contribuye a mejorar el pronóstico y la calidad de vida de los recién nacidos con problemas respiratorios.

Test de Capurro

En neonatología, el test de Capurro (o método de Capurro) es un criterio utilizado para estimar la edad gestacional del recién nacido. El test considera el desarrollo de cinco parámetros fisiológicos y diversas puntuaciones que combinadas dan la estimación buscada.

Cuidados Mediatos

Identificación del Recién Nacido

Utilizar pulseras homologadas para este objetivo y correctamente colocadas, una en el brazo y otra en el tobillo del recién nacido en la misma sala de partos, y si es posible de diferentes colores para cada parto sucesivo o simultáneo, y del mismo color para la madre que para su hijo.

Prevención del síndrome hemorrágico del recién nacido.

El recién nacido tiene poco desarrollados los mecanismos de coagulación de la sangre, ya que su hígado es inmaduro. Para prevenir posibles complicaciones en la sala de partos, se administra a todos los recién nacidos, una inyección intramuscular de 1 mg (0.1ml) de vitamina K o Fitomenadiona.

Prevención de la conjuntivitis neonatal

A todos los recién nacidos se les ponen unas gotas de Cloranfenicol en los ojos para prevenir una conjuntivitis debida, normalmente, al contacto con las secreciones de la vagina de la madre.

Medición y registro de Signos vitales al Recién Nacido

La supervisión de estas primeras horas requiere medición cada media hora o cada hora de la temperatura (más que para estimar este dato, la primera toma se hace para verificar si hay permeabilidad del ano o si no hay otros defectos al nacimiento), frecuencia cardíaca, respiratoria, color, tono y actividad.

Somatometría

Los principales datos son:

Perímetro cefálico, perímetro torácico, perímetro abdominal, segmento superior, segmento inferior,

perímetro braquial, pie, talla y peso. Esta medición permite determinar si el peso y el resto de las medidas del recién nacido son normales para el número de semanas de embarazo

Norma Oficial Mexicana NOM-007-SSA2-2016, para la atención de la mujer durante el embarazo, parto y puerperio, y de la persona recién nacida

La atención a la mujer durante el embarazo, parto y puerperio y a la persona recién nacida debe ser proporcionada con calidad y respeto de sus derechos humanos, principalmente a su dignidad y cultura, facilitando, en la medida de lo posible, apoyo psicológico durante su evolución.

Todas las instituciones de salud deben capacitar a las licenciadas en enfermería obstétrica, parteras técnicas y parteras tradicionales para identificar complicaciones del embarazo, parto y puerperio; así como, proveer facilidades para la referencia y acompañamiento oportuno de la embarazada a los establecimientos

para la atención médica, en su caso.

Referencias

Carrión, M. (2024). ¡Descubre los Cuidados Inmediatos y Mediatos Esenciales para un Recién Nacido! ITSQMET. <https://itsqmet.edu.ec/recien-nacido-cuidados-inmediatos-mediatos/>

Criterios y procedimientos para la prestación del servicio. (s/f). Org.mx. Recuperado el 16 de septiembre de 2025, de <https://www.cndh.org.mx/documento/nom-007-ssa2-2016-atencion-de-la-mujer-durante-el-embarazo-parto-y-puerperio-y-del-recien>

Gilabert, N. F. (2023, junio 20). ¿Qué es el test de Apgar y para qué sirve? Puntuación de Apgar normal. Reproducción Asistida ORG. <https://www.reproduccionasistida.org/test-apgar/>

Horacio, P.-M., & Eusebio y Gutiérrez-Padilla Alfonso, A.-C. (s/f). Historia de la neonatología en el occidente de México b. Medigraphic.com. Recuperado el 16 de mayo de 2025, de <https://www.medigraphic.com/pdfs/revmed/md-2016/md164b.pdf>.

Medicus, H. (s/f). ¿Quién fue el Dr. Reinaldo Capurro? Homomedicus.com. Recuperado el 16 de septiembre de 2025, de <https://homomedicus.com/quien-fue-el-dr-reinaldo-capurro/>

NOM-007-SSA2-2016, Atención de la mujer durante el embarazo, parto y puerperio y del recién nacido.

Rodríguez, S. (2022, septiembre 7). La Historia de la Neonatología. La Genoteca. <https://lagenoteca.com/articulos/la-historia-de-la-neonatologia/>

Santiago, A. (2021, febrero 12). CAPURRO Valoración o tests de Edad Gestacional. Yo Amo Enfermería Blog. <https://yoamoenfermeriablog.com/2021/02/12/eda-d-gestacional-capurro/>

Santiago, A. (2021a, febrero 10). Cuidados inmediatos y mediatos del recién nacido. Yo Amo Enfermería Blog. <https://yoamoenfermeriablog.com/2021/02/10/cuidados-inmediatos-y-mediatos/>

Test o Escala de Silverman Anderson para evaluar la dificultad respiratoria de los niños. (2024, abril 5). Salucity.com. <https://salucity.com/c/informacion-para-profesionales/recursos/escalas-test-de-valoracion-salud-ninos/test-o-escala-de-silverman>

Velasco, S. (2021, abril 29). Valoración del patrón respiratorio del recién nacido: la escala de Silverman. Campus Vygon España. <https://campusvygon.com/es/escala-silverman/>

(12) Currículo corto de los autores

Daniela Herrera Ordoñez. Pasante de Enfermería. Escuela Oficial de Enfermería Luis Pasteur.

Rebeca Trápala Montiel Licenciada en
Enfermería, por la universidad de los Angeles
Tamaulipas.