

Vol. 2 Núm. 2 Julio-Diciembre 2023

REMCIID

Revista Multidisciplinaria de Ciencia Innovación y Desarrollo

Generación y manejo de PET
en la FCByA UV-Tuxpan

Nuevas tecnologías
en la elaboración y caracterización de
empaques comestibles

Tendencia de la inflación en México,
una revisión del periodo 2012-2022

Simulaciones PhET:
una estrategia didáctica para fortalecer el
aprendizaje del álgebra

Evaluación fisicoquímica y sensorial
de salsa tatemada con diferentes especies forestales
combustibles

Nueva justicia laboral
con un enfoque al T-MEC

Formulación y evaluación de una salsa
en polvo enriquecida con cáscara de naranja
(Citrus sinensis L.)

Evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICA)
de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz

ISSN 2954-498X . e-ISSN: 2954-4998



REMCID *Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo*

Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz

Rectora

Sandra Angélica Hernández Herrera

Abogado General

Ronald Castro Ortiz

**Director de Programas en Mantenimiento -
Tecnología**

Félix Bautista Meza

Director de Planeación

Israel Benítez Martínez

Director de Programas Económico - Administrativos

Enrique Avendaño Rodríguez

Director de Administración

Honorato Pérez Antonio

Editor en Jefe

Raúl Alejandro Limón Hernández

Comité Editorial

Verónica López Hernández

Iriana Hernández Martínez

José Luis Xochihua Juan

Erika Lugo Ramírez

Jocabel Extocapan Molina

Keren Martínez Aguilar

Julio Alfonso Armenta Barrios

Brenda Adolfini García Gutiérrez

Jairo Palma Méndez

Indexaciones



La Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo es el órgano oficial de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz, publicada de forma semestral. Reserva de derechos al uso exclusivo número 04-2022-042009561300-102, Volumen 2, Número 1, enero-julio 2023. ISSN: 2954-498X · e-ISSN: 2954-4998. El contenido de los artículos firmados es responsabilidad de los autores. Todos los derechos reservados de acuerdo con la Convención Latinoamericana y la Convención Internacional de los Derechos de Autor. Ni la totalidad, ni parte de esta publicación pueden reproducirse, registrarse, almacenarse, utilizarse o transmitirse por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea electrónico, mecánico, fotoquímico, magnético o electroóptico, por fotocopia, grabación, escaneo, digitalización, grabación en audio, distribución en internet, distribución en redes de información o almacenamiento y recopilación en sistemas de información., ni traducida a otros idiomas sin el consentimiento por escrito de sus editores. © D.R. 2023, Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz.



Contenido

Mensaje Institucional	iii
Mensaje Editorial	iv
Artículos	
Generación y manejo de PET en la FCByA UV-Tuxpan	1
Nuevas tecnologías en la elaboración y caracterización de empaques comestibles	6
Tendencia de la inflación en México, una revisión del periodo 2012-2022	16
Simulaciones PhET: una estrategia didáctica para fortalecer el aprendizaje del álgebra	21
Evaluación fisicoquímica y sensorial de salsa tatemada con diferentes especies forestales combustibles	29
Nueva justicia laboral con un enfoque al T-MEC	35
Formulación y evaluación de una salsa en polvo enriquecida con cáscara de naranja (<i>Citrus sinensis</i> L.)	42
Evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICA) de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz	47



Mensaje institucional

Es un placer presentarles el segundo número del volumen dos de nuestra Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora correspondiente al segundo año.

En esta edición contamos con artículos internos de las áreas de química, gastronomía, contaduría y educación. De igual forma se presentan artículos externos de la Facultad de Ciencias Químicas y Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad Veracruzana Región Poza Rica - Tuxpan así como de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma de Querétaro, por lo que la difusión de REMCID se ha ido incrementando número a número y esperamos seguir creciendo y recibir más trabajos externos.

Cada uno de los artículos ha sido rigurosamente revisado por el comité revisor perteneciente a la editorial que consta de un equipo de especialistas internos y externos en el área correspondiente, garantizando así la calidad y originalidad de los trabajos presentados. Además, nuestra revista utiliza un sistema de revisión por pares para asegurar la objetividad e imparcialidad en el proceso de selección y publicación de los trabajos.

Agradecemos a todos los autores por sus contribuciones y a nuestro equipo editorial por su dedicación y trabajo arduo en la preparación de esta publicación.

Atentamente,

Sandra Angélica Hernández Herrera
Rectora



Mensaje editorial

Esta edición de nuestra Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo (REMCID) reiteramos el compromiso de ser una revista que tiene entre sus propósitos centrales, publicar artículos originales y de revisión que representan contribuciones importantes a la investigación en las áreas de ciencias naturales, ciencias sociales, ciencias de la salud y tecnología. Para garantizar rigor científico y originalidad, nuestros artículos son revisados por expertos internos y externos en el campo de la investigación presentada.

Nuestra audiencia incluye investigadores, académicos, profesionales, estudiantes y cualquier persona interesada en los últimos avances en ciencia y tecnología. La revista ofrece acceso abierto a todos los artículos, lo que significa que cualquier persona puede verlos y descargarlos de forma gratuita.

En nuestra misión de difundir conocimientos científicos rigurosos y de alta calidad, hemos trabajado para asegurarnos que los artículos seleccionados en este número sean de la más alta calidad y representen la investigación más actualizada y novedosa.

Atentamente,

Raúl Alejandro Limón Hernández
Editor en Jefe



ARTÍCULO ORIGINAL

Generación y manejo de PET en la FCByA UV-Tuxpan

Juan Manuel Pech-Canché ^{1*}, María de los Ángeles Hernández Cuervo ¹,
Blanca Esther Raya-Cruz ¹

¹ Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias Región Poza Rica - Tuxpan, Universidad Veracruzana. Km 7.5 Carretera Tuxpan-Tampico, Col. Universitaria, 92860, Tuxpan, Veracruz, México.

Recepción 09 de octubre de 2023. Aceptación 23 de octubre de 2023

PALABRAS CLAVE

Conservación, educación ambiental, residuos, educación plásticos,

Resumen

En los últimos años se ha generado una gran producción de plásticos a nivel global, entre los cuales se encuentran el polietileno tereftalato (PET). El objetivo del presente trabajo es caracterizar los residuos de botellas de PET que se generan en la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (FCByA) de la Universidad Veracruzana (UV) región Poza Rica - Tuxpan. Entre agosto y diciembre de 2019 se contabilizaron todos los productos depositados en un contenedor en la Facultad, separándolos por tipo de producto y volumen. Se registró una mayor generación en octubre, principalmente de botellas de refresco, sin compactar, y de un volumen de 600 ml; todas las botellas colectadas fueron enviadas a disposición final a una planta recicladora local. Lo anterior muestra que el consumo es mayoritariamente para dosis individuales, por lo cual, se requiere desarrollar estrategias, tanto educativas como operativas, para minimizar la generación del PET y optimizar su manejo, además de reducir el consumo de bebidas gasificadas que puedan poner en riesgo la salud de la población de la Facultad.

KEYWORDS

Conservation,
environmental education,
plastics, waste

Abstract

In recent years, a large production of plastics has been generated globally, among which are polyethylene terephthalate (PET). The objective of this work is to characterize the PET bottle waste generated in the Faculty of Biological and Agricultural Sciences (FCByA), Poza Rica - Tuxpan region of the Universidad Veracruzana. Between August and December 2019, all products deposited in a container at the Faculty were counted and separated by type of product and volume. A greater generation of PET was recorded in October, mainly of soft drink bottles, without being compacted, and with a volume of 600 ml; all collected bottles were sent for final disposal to a local recycling plant. The above shows that consumption is mostly for individual doses, so, it is necessary to develop strategies, both educational and operational, to minimize the generation of PET and optimize its management, in addition to reducing the consumption of carbonated beverages that may put at risk the health of the population of the Faculty.

Introducción

Actualmente en todo el planeta se vive una emergencia ambiental por la contaminación del aire, la tierra y el agua, siendo uno de los grandes problemas la creciente generación diaria de residuos, los cuales, con base en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) (2022), pueden definirse como “cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó”.

Para la regulación de los residuos a nivel estatal, se cuenta con la Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave (2018). A nivel federal se cuenta con la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR) (2021), la cual considera tres tipos de residuos: residuos sólidos urbanos (RSU), residuos peligrosos y residuos de manejo especial. Dentro de los RSU existe una subdivisión que separa a los residuos orgánicos de los inorgánicos, y dentro de estos últimos se incluyen a los plásticos, cuyo uso se comenzó a intensificar a raíz de la revolución industrial debido a la gran versatilidad en su uso. Entre los diferentes productos plásticos se encuentra el polietileno tereftalato (PET), cuyo principal uso ha sido para el envasado de bebidas carbonatadas, esto debido a que puede evitar que el gas de las bebidas se escape, es más resistente a las fracturas que el vidrio, además de que tiene un bajo peso específico, lo que favorece su transportación (León-Olivares et al, 2022; Góngora Pérez, 2014), lo que ha generado que actualmente representen una grave amenaza ambiental debido a lo extendido de su uso cotidiano y sus grandes volúmenes de producción globales (Lebreton y Andrady, 2019).

Entre las estrategias desarrolladas para reducir el impacto de los residuos plásticos se encuentra el reciclaje y su reutilización, sin embargo, aunque estos esfuerzos todavía no son suficientes para contrarrestar su producción masiva (Lebreton y Andrady, 2019), es importante continuar desarrollándolos para mejorar su eficiencia.

A nivel institucional, la Universidad Veracruzana (UV), a través del Reglamento para la Gestión de la Sustentabilidad (2015), ha establecido una serie de prácticas sustentables, que incluyen la abstención en la adquisición de productos de plástico con recursos oficiales y la promoción de la disminución en su uso. Sin embargo, para incrementar el éxito de estas medidas, se deben desarrollar adecuados programas de manejo de residuos en las entidades académicas, esto porque dichas prácticas sustentables institucionales no restringen la adquisición de productos de plástico de forma externa y su ingreso a las entidades académicas.

Particularmente, en la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (FCByA), región Poza Rica - Tuxpan, ya se ha desarrollado una propuesta para el manejo de residuos sólidos institucionales (Sandoval Camaño, 2015), derivado de la cual se registró que los principales residuos generados correspondieron a plásticos, incluyendo PET, (17.6%), papel y cartón (15.7%), residuos sanitarios (14.8%), residuos orgánicos (14.1%), vidrio (10.4), así de residuos como metal, unicele, tetra pack, entre otros (27.4%). Además, a partir de un análisis FODA, se reporta que la dependencia cuenta con las condiciones adecuadas para desarrollar de forma exitosa un programa de manejo de residuos, esto considerando que se cuenta con el espacio físico para la separación de los residuos, además de que el perfil académico de los diferentes programas educativos que se imparten favorece que las políticas de protección ambiental puedan permear entre la comunidad académica y estudiantil.

Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo es caracterizar los residuos de botellas de PET que se generan en la FCByA-UV, región Poza Rica -Tuxpan, a fin de proponer medidas para reducir su generación y mejorar su manejo dentro de la Facultad, que puedan estar alineadas con las políticas institucionales de sustentabilidad.

Material y métodos

El presente trabajo se realizó en la FCByA-UV de la región Poza Rica - Tuxpan, con sede en la ciudad de Tuxpan, Veracruz, la cual alberga cinco programas educativos de licenciatura y cuatro programas educativos de posgrado, todos acreditados por las instancias correspondientes, y con una matrícula total de 1100 estudiantes y 85 académicos (Cuervo, 2021).

Para la colecta de PET, debido a cuestiones logísticas, sólo se colocó un contenedor de aproximadamente 3.4 m³ (1.5 mts de largo, ancho y alto) en un área de alto flujo de personas en la Facultad, en el cual se incluyeron las principales indicaciones para el depósito de las botellas (vaciar, compactar y cerrar), y que fue revisado mensualmente entre agosto y diciembre de 2019. Los residuos de PET colectados se catalogaron de dos maneras: 1) tipo de producto, incluyendo refrescos, agua purificada, suero y jugo; 2) volumen del producto. Como variable de respuesta se consideró la cantidad de botellas, contabilizando de manera independiente las botellas que pudieran haber sido compactadas con base en las indicaciones descritas en la rotulación del contenedor.

Para analizar si existen diferencias entre la cantidad de botellas compactadas y sin compactar entre meses, tipo y volumen del producto, se realizaron pruebas de χ^2 mediante el programa estadístico R versión 4.0.3. (R Core Team, 2020).

Resultados

De manera general, se colectaron un total de 5,225 botellas PET, con una mayor proporción de botellas sin compactar (64%, 3336 botellas) que compactadas (36%, 1889 botellas). Con base en la temporalidad, se registraron diferencias significativas en la colecta de productos a lo largo de los meses ($\chi^2 = 10.205$; gl = 4; $p = 0.037$), con una mayor proporción de productos en el mes de octubre y la menor en diciembre, siendo en todos los casos mayor el número de productos sin compactar que compactados (Figura 1).

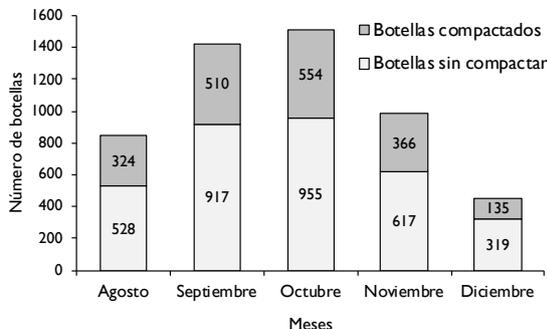


Figura 1. Botellas de PET colectadas a lo largo de los meses.

Con relación a los tipos de productos, la mayor proporción corresponden a refrescos y agua purificada, y en menor proporción a suero y jugos, registrando una diferencia

significativa entre ellos ($\chi^2 = 25.122$; gl = 3; $p = 1.45^{-5}$) (Figura 2).

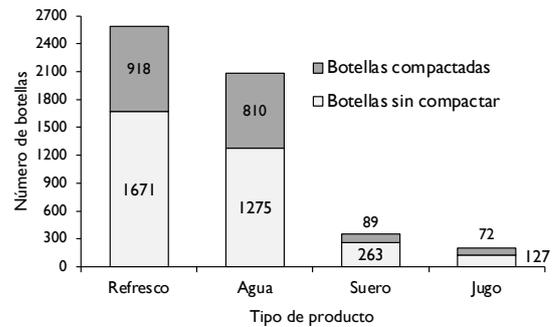


Figura 2. Productos plásticos colectados con base en el tipo de producto.

En función del volumen, la mayor proporción de las botellas PET corresponde a volúmenes de 600 ml y un litro, y en menor proporción a volúmenes muy grandes (más de 3 litros) o muy pequeños (menos de medio litro), que fueron clasificados en la categoría de “otros”, registrando diferencias estadísticamente significativas entre las botellas colectadas ($\chi^2 = 41.96$; gl = 5; $p = 5.99^{-8}$) (Figura 3).

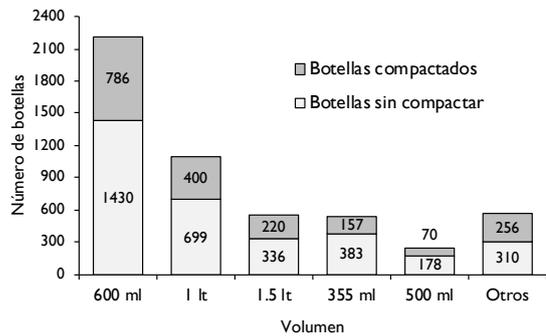


Figura 3. Botellas PET colectadas con base en su volumen.

Del análisis estadístico se registró que existen diferencias significativas al comparar de forma conjunta el tipo de producto y su volumen ($\chi^2 = 120.9$; gl = 20; $p = 2.2^{-16}$), con el mayor volumen y proporción de refrescos correspondiente a presentaciones de 600 ml, mientras que para el caso del agua purificada corresponde a presentaciones de un litro, resaltando que los jugos se registraron prácticamente en todos los volúmenes (Figura 4).

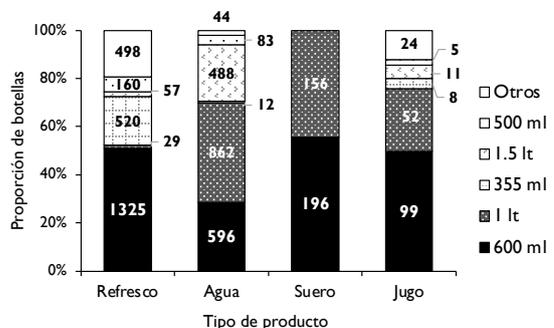


Figura 4. Botellas PET con base en el tipo de producto y su volumen (el eje Y muestra su proporción y los números entre paréntesis la cantidad de botellas generadas).

Discusión

La gran generación de plásticos a nivel mundial ha provocado que prácticamente en todos los ecosistemas del planeta, tanto terrestres como marinos, se encuentren residuos de este tipo, lo que ha servido de base para que actualmente se hable de que estamos en una nueva era geológica, el Antropoceno, la cual es caracterizada por una capa de residuos plásticos que puedan llegar a fosilizarse y ser claramente distinguible en el futuro (Porta, 2021).

En diferentes instituciones educativas de nivel superior, se ha reportado que los residuos de PET se encuentran entre los de mayor generación (Rosales-Flores et al, 2013; Lazo Ramos y Herrera Rejas, 2020), lo que recalca la importancia de desarrollar diferentes estrategias institucionales que contribuyan a disminuir este fenómeno global desde una perspectiva local, incluyendo la caracterización y cuantificación de los residuos, el desarrollo de campañas de concientización, el desarrollo de alternativas para reducir el uso de plásticos, así como su posible comercialización.

Los resultados del presente trabajo permiten identificar que la mayor generación de botellas de PET corresponde con los tiempos de mayor presencia de estudiantes a mitad de semestre (septiembre-noviembre), ya que en los meses extremos del período muestreado (agosto y diciembre) las actividades docentes se encuentran iniciando y terminando, respectivamente, por lo cual el flujo de estudiantes es menor.

Con relación al tipo de producto, la mayor proporción la conforman las botellas de PET de refrescos gasificados, en especial en presentación de 600 ml, lo que puede ser un indicador de que este consumo es para una dosis individual, y que a la vez se ha encontrado que se correlaciona de forma positiva con el índice de masa muscular de estudiantes de la misma Universidad (Sánchez-Viveros et al, 2022), así como de grupos poblacionales de otras regiones del país, en especial durante la pandemia por SARS-CoV-2 (Escalante-Aburto et al, 2022), y que se corresponde con el hecho de que México se ha reconocido como uno de los países con el mayor consumo de este tipo de bebidas a nivel mundial (Théodore et al, 2019), con los consecuentes problemas de salud asociados, como el incremento de sobrepeso, obesidad y diabetes, en especial en la población joven (Rodríguez-Burelo et al, 2014), además de posibles problemas de salud mental relacionados con el bienestar y las conductas agresivas (Puente Lozano, 2022). En segundo lugar, se encuentran las botellas de PET de agua purificada, en especial de un litro, evidenciando que una parte de la población estudiantil prefiere un consumo de bebidas más sano, y en mayor volumen, que los refrescos gasificados.

La mayor proporción de botellas sin compactar registrada en el presente trabajo (64%), demuestra que es necesario reforzar las medidas para lograr la correcta disposición de las botellas de PET dentro del contenedor. Lo anterior se demuestra también por la presencia de botellas de diferentes productos de limpieza (n = 316) a lo largo de todo el período de muestreo, por lo cual se recomienda que se pueda contar con un contenedor adicional para separar este tipo de productos y evitar que se puedan contaminar las botellas de PET y con esto comprometer su reciclaje o disposición final.

Todas las botellas colectadas fueron separadas con base en el tipo de producto, compactadas y enviadas a disposición en una planta recicladora local, sin embargo, debido a que esta planta se encuentra actualmente cerrada, se recomienda considerar su re-utilización a fin de reducir su volumen, así como tratar de encontrar otras plantas recicladoras cercanas para continuar con su reciclaje y evitar que se dispongan como parte de los residuos sólidos de la Facultad.

De igual forma, se recomienda mantener, y de ser posible reforzar, el desarrollo de estas actividades, en especial desarrollando un plan integral de manejo de residuos sólidos que considere un sistema de separación y reciclado de residuos con potencial aprovechamiento para su reincorporación en cadenas de reutilización, acción que no solo se encuentra descrita dentro de las políticas institucionales de la Universidad (Aguilar Sánchez, 2021), sino que también ha demostrado ser una medida efectiva en otras instituciones nacionales al contribuir a la reducción de los volúmenes de generación de PET, además de fomentar una cultura ambiental incrementando la participación de los alumnos en diferentes acciones para el manejo integral de los residuos (Ruíz Morales, 2017).

Una de las medidas implementadas actualmente a favor de la sustentabilidad y los buenos hábitos de consumo y alimentación, ha sido la colocación de un bebedero escolar, mediante el cual se pretende reducir el volumen de botellas de PET en la Facultad, sin embargo, debido a que aún se introducen botellas de PET adquiridas en el exterior, es necesario realizar una campaña permanente, no sólo para promover la adecuada disposición de los residuos de PET, sino también para promover los buenos hábitos alimenticios que prevengan posibles problemas de salud en el futuro. Por lo que se recomienda continuar con este trabajo para determinar la eficiencia de las medidas implementadas, en especial por las nuevas condiciones de sanidad implementadas por la pandemia del Covid-19, además de ampliar esta caracterización de los residuos al primer semestre del año (febrero-julio) ya que se trata de una época con una mayor temperatura, lo que puede hacer que se incremente el consumo de bebidas entre la comunidad estudiantil y académica de la Facultad.

Conclusiones

Mediante el presente trabajo se logró identificar y cuantificar los residuos de botellas PET que se generan en la Facultad, a partir de lo cual se puede hacer el diseño de una estrategia de manejo de estos sabiendo a ciencia cierta las fechas con la mayor generación (septiembre-noviembre), los tipos de residuos más generados (refrescos gasificados) y su volumen (600 ml), además de las debilidades en la forma de disposición (falta de compactación), con lo cual se abona a las políticas de sustentabilidad institucionales.

Contribución de los autores

JMPC, diseño del trabajo, análisis estadístico y redacción.

MAHC, diseño y recolección de datos.

BERC, recolección de datos y redacción.

Financiamiento

No se recibió ningún patrocinio para llevar a cabo este artículo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Agradecimientos

A las autoridades de la Facultad por la autorización para la colocación del contenedor. A todos quienes ayudaron con la revisión de las botellas PET durante el trabajo de campo. A los dos revisores anónimos que contribuyeron a mejorar la calidad del presente trabajo.

Presentaciones previas

Ninguna.

Referencias

- Aguilar Sánchez, M.G. (2021). Programa de Trabajo 2021-2025, Por una transformación integral. Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/documentos/files/2022/03/Programa-Trabajo-2021-2025.pdf>
- Cuervo, L. (2021). Informe de Actividades 2020-2021. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Región Poza Rica - Tuxpan. Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/pozarica/cba/files/2021/12/Primer-Informe-de-Actividades-FCBA-2020-2021.pdf>
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos. (2021). Diario Oficial de la Federación. Última reforma: 18 de enero de 2021. https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/263_180121.pdf
- Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. (2022). Diario Oficial de la Federación. Última reforma: 11 de abril de 2022. <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGEEPA.pdf>
- Ley de Prevención y Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos y de Manejo Especial para el Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. (2018). Gaceta Oficial, Órgano del Gobierno del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Última reforma: 29 de noviembre de 2018. <https://www.legisver.gob.mx/leyes/LeyesPDF/LPGIRS2911182.pdf>
- Escalante-Aburto, A., Huerta Oros, J., Villarreal Arce, M.E., Guerra-Martínez, S.C., Castellanos-Suárez, V., Chávez López-Padilla, A.L. y De Nigris-Villarreal, A.L. (2022). Análisis de las frecuencias de consumo de bebidas ultraprocesadas durante la pandemia de SARS-CoV-2 y su asociación con indicadores del estado nutricional en población Mexicana. *Revista digital REDCien*, 7(15): 47-48. <https://redcien.com/index.php/redcien/article/view/133>
- Góngora Pérez, J.C. (2014). La industria de plástico en México y el mundo. *Comercio Exterior*, 64(5): 6-9
- Lazo Ramos, R.S. y Herrera Rejas, M. (2020). Caracterización de residuos sólidos en el campus capanique de la Universidad Privada de Tacna. *Ingeniería investiga*. 2(1): 177-185.
- Lebreton, L. y Andrady, A. (2019). Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. *Palgrave Communications*, 5: 1-11. <https://doi.org/10.1057/s41599-018-0212-7>
- León-Olivares, F., Gutiérrez-Rodríguez, A. y Palacios-Alquisira, J. (2002). PET, Poli (tereftalato de etileno), material clave para la fabricación de envases de bebidas carbonatadas. *Educación Química*, 13(1): 28-32. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2002.1.66315>
- Porta, L. (2021). Anthropocene, the plastic age and future perspectives. *FEBS Open Bio*. 11: 948-953. <https://doi.org/10.1002/2211-5463.13122>
- Puente Lozano, H.C. (2022). Implicaciones del consumo de refrescos en la salud mental y el comportamiento agresivo. *Gaceta Internacional de Ciencias Forenses*, 42: 30-38.
- Reglamento para la Gestión de la Sustentabilidad. (2015). Universidad Veracruzana. Última reforma: 30 de noviembre de 2015. <https://www.uv.mx/legislacion/files/2015/12/Reglamento-para-la-Gestion-de-la-Sustentabilidad.pdf>
- R Core Team. (2020). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rodríguez-Burelo, M.R., Avalos-García, M.I. y López-Ramón, C. (2014). Consumo de bebidas de alto contenido calórico en México: un reto para la salud pública. *Salud en Tabasco*. 20(1): 28-33. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48731722006>
- Rosales-Flores, M., Saldaña-Durán, C., Toledo-Ramírez, V. y Maldonado, L. (2013). Caracterización y potencial del reciclado de los residuos sólidos urbanos generados en el Instituto Tecnológico de Tepic, una institución de educación superior. *Revista Bio Ciencias*. 2(3): 216-223.
- Ruiz Morales, M. (2017). Contexto y evolución del plan de manejo integral de residuos sólidos en la Universidad Iberoamericana Ciudad de México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 33(2): 337-346. <https://doi.org/10.20937/rica.2017.33.02.14>
- Sánchez Viveros, S., Romero Hernández, E.Y., González Fajardo, K.D., Avelino Soto, S.J. y Hernández Ollivier, Z.N. (2022). Consumo de alimentos ultraprocesados y su relación con sobrepeso y obesidad en estudiantes universitarios. *UVserva*. 13: 244-252. <https://doi.org/10.25009/uvs.vi13.2831>
- Sandoval Camaño, E. (2015). Propuesta para el manejo de residuos sólidos institucionales en la Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, campus Tuxpan. Tesis de Especialización, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias región Poza Rica - Tuxpan, Universidad Veracruzana. México.
- Theodore, F.L., Blanco-García, I. y Juárez-Ramírez, C. (2019). ¿Por qué tomamos tanto refresco en México? Una aproximación desde la interdisciplina. *Interdisciplina*. 7(19): 19-45. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70286>



ARTÍCULO DE REVISIÓN

Nuevas tecnologías en la elaboración y caracterización de empaques comestibles

Noemi Takebayashi-Caballero¹, Carlos Regalado-González¹, José Ángel Granados-Arvizu¹, Monserrat Escamilla-García^{1*}

¹Facultad de Química, Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad Autónoma de Querétaro, C.U., Cerro de las Campanas S/N, Col. Las Campanas, Querétaro 76010, México

Recepción 23 de agosto de 2023. Aceptación 22 de noviembre de 2023

PALABRAS CLAVE

Empaques inteligentes
Películas comestibles
Microscopía
Raman
FT-IR

Resumen

Los empaques comestibles se definen como una matriz continua utilizada para cubrir a un alimento. La función de los empaques comestibles es proteger al alimento del ambiente manteniendo su integridad física, propiedades organolépticas y aumentar su vida de anaquel. Estos se pueden elaborar a partir de polisacáridos, lípidos, o una combinación de ambos para optimizar las propiedades que cada uno le otorga. El aumento del consumidor por productos mínimamente procesados y de alternativas para la conservación de alimentos, siendo los empaques activos e inteligentes una alternativa atractiva. Un empaque activo es todo aquel que posee una o varias sustancias que proveen una función activa, tales como, actividad antimicrobiana, capacidad antioxidante, entre otras. Mientras que, un empaque inteligente es todo aquel capaz de monitorear la calidad del alimento mediante escalas de color, ya sea por cambios en pH, ruptura de cadena de frío o presencia de microorganismos. Los pigmentos son uno de los compuestos más utilizados como indicadores de color de los cambios de pH y temperatura. El objetivo del presente trabajo es establecer las diferencias entre los diferentes tipos de empaque biodegradable, así como informar de las nuevas tecnologías de elaboración de empaques biodegradables y su caracterización. Los empaques inteligentes son una alternativa viable para el reemplazo de los empaques convencionales, ya que permiten conservar la integridad de los alimentos por mayores tiempos de almacenamiento, además de que permiten el monitoreo de la calidad de los alimentos.

Correspondencia: Monserrat Escamilla García. Universidad Autónoma de Querétaro. Cerro de las Campanas S/N, Las Campanas, Santiago de Querétaro 76010. Teléfono: (442) 192-12-00 ext.5526. Correo electrónico: monserrat.escamilla@uaq.mx

KEYWORDS

Smart packaging
Edible films
Microscopy
Raman
FT-IR

Abstract

Edible packaging is defined as a continuous matrix used to cover a meal. The function of edible packaging is to protect food from the environment, maintaining its physical integrity, organoleptic properties and increasing its shelf life. These can be made from polysaccharides, lipids, or a combination of to optimize the properties that each one gives them. The increase in consumer demand for minimally processed products and alternatives for food preservation, with active and intelligent packaging being an attractive alternative. An active packaging is anything that has one or more substances that provide an active function, such as antimicrobial activity, antioxidant capacity, among others. Meanwhile, intelligent packaging is any one capable of monitoring the quality of the food using color scales, whether due to changes in pH, breaking of the cold chain or presence of microorganisms. Pigments are one of the most used compounds as color indicators of changes in pH and temperature. The objective of this work is to establish the differences between the different types of biodegradable packaging, as well as to report on the new technologies to produce biodegradable packaging and its characterization. Smart packaging is a viable alternative to replacing conventional packaging, in addition, since it allows the integrity of food to be preserved for longer storage times, in addition to allowing food quality to be monitored.

Introducción

Los empaques comestibles representan una alternativa a los empaques de plástico ya que son elaborados a partir de materiales biodegradables. Estos protegen al alimento del ambiente para prolongar la vida de anaquel (González et al., 2020).

Al momento de elaborar una película, se debe de tomar en cuenta las características de los compuestos. Al utilizar almidón se debe considerar si es nativo o modificado, ya que los recubrimientos de almidón nativo no presentan una superficie tan adherente como sucede con recubrimiento a partir de almidón oxidado (Pardo et al., 2012). También es importante considerar las propiedades mecánicas de la película y su uso previsto. Por ejemplo, el almidón suele usarse como una alternativa ante plásticos biodegradables. Sin embargo, el carácter hidrofílico del almidón hace que no tenga resistencia mecánica y poca permeabilidad a los gases. Por lo cual, se opta por combinar compuestos para poder mejorar las propiedades de la película (Rodríguez-Marín et al., 2013) o bien se puede aplicar el entrecruzamiento de polímeros durante su elaboración. Las películas elaboradas a partir de polisacáridos o proteínas presentan propiedades mecánicas, ópticas y sensoriales deseables. Sin embargo, son sensibles a la humedad y tienen alto coeficiente de permeabilidad al vapor de agua. Por lo tanto, se opta por entrecruzar a los polímeros para mejorar sus propiedades (Arriaga et al., 2019) como se abordará más adelante.

A pesar de que los empaques comestibles representan una alternativa más sustentable comparada con los plásticos, es difícil alcanzar las mismas propiedades de barrera y mecánicas que éstos. Por ello, es necesario la caracterización de los empaques para poder garantizar propiedades mecánicas y de barrera adecuadas por el alimento apoyadas

por otras técnicas como microscopía, difracción y espectroscopía. Es por ello que el objetivo del presente es estudiar las nuevas técnicas de elaboración, aunadas a las existentes

1. Elaboración de empaques comestibles

1.1 Empaque comestible

El objetivo de los empaques es preservar y proteger al alimento del ambiente para poder alargar su vida útil. Estos empaques suelen estar hechos de plásticos que terminan siendo desechos no degradables. Por lo cual, se han buscado alternativas sostenibles con el ambiente. La forma más común es mediante la elaboración de recubrimientos o películas comestibles (Arredondo et al., 2017).

Un recubrimiento comestible (RC) es una matriz transparente continua, comestible y delgada que se usa en el empaque de los alimentos para preservar su calidad (Sánchez-González et al., 2008). Los componentes de un recubrimiento comestible son: polímero, solvente y plastificante. Los polímeros pueden ser hidrocoloides o lípidos, mientras que el solvente tiende a ser agua, la cual puede estar a diferente pH para poder solubilizar al polímero. Por otra parte, el plastificante sirve para emulsificar fases que no son miscibles y aportar flexibilidad y cierta resistencia al recubrimiento dado que reduce las fuerzas intermoleculares.

Existe una amplia gama de plastificantes como lo son el sorbitol, glicerol, manitol, sacarosa y polietilenglicol. Es importante tomar en cuenta que el plastificante a usar sea miscible en el polímero (Ávila-Sosa & López-Malo, 2008).



Figura 1. Película a base de quitosano.

Un empaque a base de hidrocoloide suele tener buenas propiedades mecánicas y de barrera para los gases, además de que no impide la transmisión de vapor de agua. Ejemplos de recubrimientos donde se emplean hidrocoloides son los que tienen base de polisacáridos como lo son celulosa, almidón, quitosano (Figura 1), alginatos, carragenanos, gelanos, pectinas de fruta, mucílago. También se pueden emplear proteínas de origen animal como gelatina, caseína, albúminas y proteínas de suero lácteo (Figura 2) o proteínas de origen vegetal (soja, zeína de maíz). En el caso de los recubrimientos a base de lípidos, éstos presentan buenas propiedades de barrera contra la humedad dado que forman compuestos hidrofóbicos. Sin embargo, su baja polaridad presenta la dificultad de producir los recubrimientos. Algunos ejemplos son aceites, ceras, ácidos grasos de bajo peso molecular y baja volatilidad. Debido a las ventajas y desventajas de los hidrocoloides y lípidos, se pueden mejorar sus propiedades al realizar una mezcla. Esto permite incrementar las ventajas de cada uno. Los lípidos presentan resistencia al vapor de agua mientras que los hidrocoloides permiten una permeabilidad selectiva al oxígeno y dióxido de carbono, además de aportar una cohesión estructural (Ginez Povez & Godoy Hernández, 2018).



Figura 2. Alternativas ante el uso excesivo de plástico en empaques.

1.1.1 Empaque activo con propiedades antimicrobianas

Una estrategia para alargar la vida de anaquel de los alimentos es adicionar agentes antimicrobianos para inhibir o reducir la carga microbiana. Considerando esta premisa, se puede hacer lo mismo con los recubrimientos comestibles. Agarwal *et al.* (2020) elaboraron una película a base de semillas de tamarindo, las cuales generalmente se desechan, y adicionaron geraniol, el cual es un terpeno que se puede extraer de diferentes aceites esenciales como el aceite de rosa. El geraniol, además de ser un compuesto “Generalmente Reconocido como Seguro o GRAS” se conoce su mecanismo de inhibición. Presenta actividad bactericida ya que altera las membranas celulares de los fosfolípidos, aumentando su permeabilidad; a su vez causando la pérdida de proteínas y lípidos, agotando las reservas de ATP y llevando al estrés oxidativo y muerte celular (Figura 3). También presenta actividad antifúngica ya que daña la membrana celular lo que reduce los niveles de ergosterol (componente esencial de las membranas).

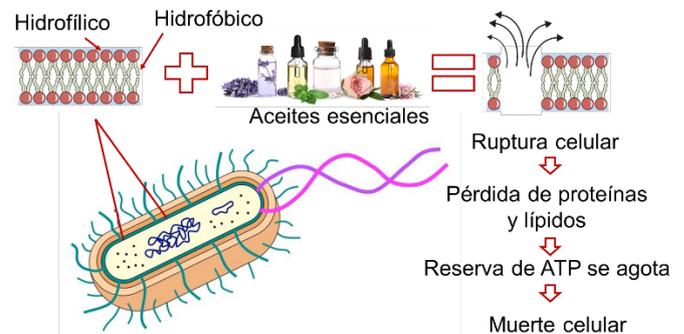


Figura 3. Actividad bactericida de los aceites esenciales.

Debido a que los aceites esenciales poseen una alta volatilidad que reduce su actividad antimicrobiana, Correa-Pacheco *et al.* (2019) encapsularon quitosano con aceite esencial de tomillo para obtener nano recubrimientos efectivos ante *Pectobacterium carotovorum*, bacteria deterioradora de los jitomates. Además, el recubrimiento ayudó a evitar la deshidratación del fruto ya que actuó como una barrera al paso de los gases. Naseri *et al.* (2020) produjeron una película comestible a base de gelatina-quitosano con aceite esencial de *Ferulago angulate* para prolongar la vida útil de carne de pavo. La película con 0.5% de aceite mostró el menor recuento de células viables totales de *Staphylococcus aureus* y coliformes para el día 9. Esto se le atribuye a los diterpenos fenólicos y el α -pineno.

Considerando lo anterior, se debe tener en cuenta a los microorganismos deterioradores de acuerdo con el tipo de alimento para elegir el agente antimicrobiano adecuado. Por ejemplo, Balaguer *et al.* (2013) usaron cinamaldehído a 1.5, 3 y 5% para inhibir a *Penicillium* y *Aspergillus niger*, los cuales son los principales contaminantes del pan. En cambio, Rossi *et al.* (2014) usaron natamicina y nisina para inhibir a los principales contaminantes del queso que son *Saccharomyces cerevisiae*, *Listeria monocytogenes* y *Listeria innocua*. La

natamicina es producida por *Streptomyces natalensis* y se usa como agente antifúngico debido a que se une al ergosterol sin permeabilizar la membrana, inhibiendo la fusión vacuolar. La nisina es un péptido antimicrobiano producido por cepas *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* y tiene actividad antibacteriana ante bacterias gram positivas como *Listeria monocytogenes*.

1.1.2 Empaque inteligente con el uso de pigmentos como indicadores de pH

El cambio de pH en los alimentos está relacionado con el crecimiento microbiano que origina su deterioro (Abedi-Firoozjah et al., 2022). La incorporación de pigmentos permite monitorear su frescura ya que éstos cambian de color con base al pH. Yao et al. (2021) elaboraron películas inteligentes de almidón/alcohol polivinílico adicionando betacianinas de pitaya roja, tuna, betabel y amaranto. Encontraron que a pesar de que las betacianinas vienen de diferentes fuentes (Figura 4), cambiaron de color en tonalidades parecidas; en pH 3-8 fue rojo, luego morado hasta llegar a un tono oliva. Los empaques se probaron en camarón fresco y cambiaron de color según los compuestos volátiles ricos en nitrógeno presentes en el alimento.

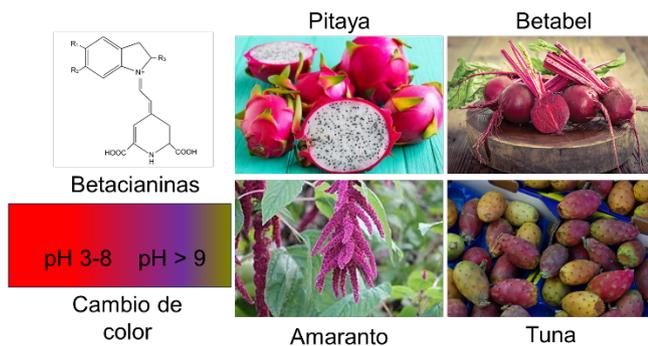


Figura 4. Estructura de betacianinas, fuentes y cambio de color.

Compuestos como las antocianinas se han usado debido a su cambio de color a diferentes pH. Pereira et al. (2015) elaboraron mezclas de quitosano con alcohol polivinílico adicionado con antocianinas de col morada. La adición de estos compuestos permitió monitorear el pH de la leche a diferentes temperaturas. En leche fresca fue de 6.7 a 20 °C y 6.6 a 25 °C. Cuando la leche estuvo por arriba de los 7 °C, comenzó a deteriorarse debido a la acumulación de ácido láctico derivado del metabolismo microbiano. La película cambió de gris oscuro (pH 6.7) a un tono más claro según el pH bajaba hasta 5, pero a un pH de 4.6 la película cambió a rosa intenso, indicando un posible deterioro del alimento.

Se han reportado algunas excepciones en el cambio de color en películas con pigmentos cuando se ponen en contacto con alimentos, como lo describió Bento et al. (2015). Estos autores elaboraron una película de quitosano, gelatina y alcohol polivinílico adicionada con extracto de col morada para monitorear el pH del queso ricotta. Su película tenía un color café claro y transcurridos 7 días en refrigeración no se

observó un cambio en la coloración.

Se sabe que otros pigmentos pueden cambiar de color, como los carotenoides y clorofila. Sin embargo, no se han realizado estudios extensos incorporándolos en películas inteligentes. Por ejemplo, Sharifi & Pirsá (2021) elaboraron una película de pectina de pulpa de morera negra encapsulada y también encapsularon clorofila con carboximetilcelulosa. Se sugiere que la clorofila se podría usar para empaques inteligentes ya que puede cambiar en medio de nitrato, pero el estudio sólo abarcó el potencial de la clorofila para actuar como agente antibacteriano y antioxidante como compuesto activo de la película.

1.2 Métodos tradicionales

Existen diferentes métodos para elaborar películas comestibles. El vaciado en caja (Figura 5), o casting, consiste en vaciar la solución en un recipiente y secar; luego se despega para aplicarse en alimentos. Para esto, se debe de considerar la temperatura y tiempo de secado ya que un secado rápido no permite asociaciones intermoleculares, afectando su cristalinidad y sus propiedades mecánicas (Solís Rivera, 2016).

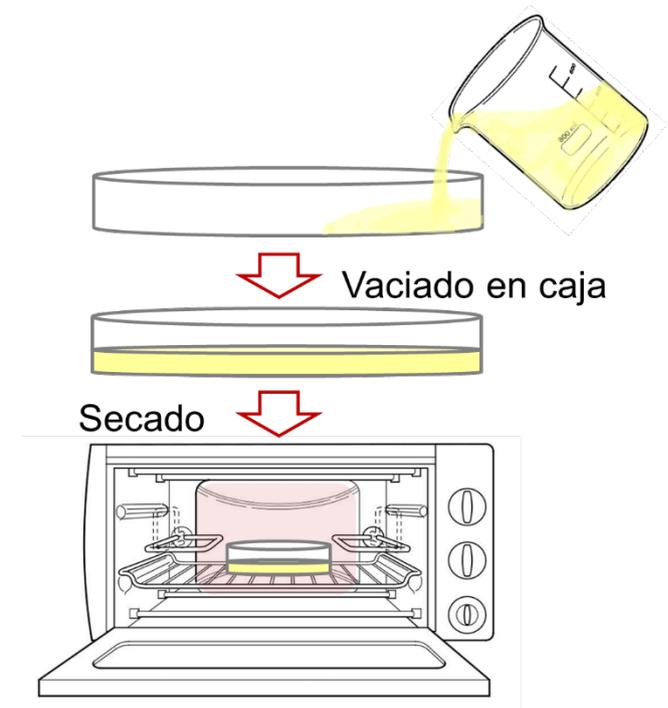


Figura 5. Vaciado en caja.

Los recubrimientos comestibles se producen mediante inmersión o aspersión (Oliveira et al., 2017) para los cuales se sumerge al alimento en la solución o se aplica mediante brochas, rociadores o espátulas y se deja secar para obtener el recubrimiento (Figura 6). La principal diferencia entre una película y un recubrimiento es que el recubrimiento está diseñado para ser consumido junto con el alimento (António, 2021; Cardona et al., 2020). El método de aspersión es ideal para soluciones con bajas viscosidades para ser rociadas bajo presiones altas. Para que el recubrimiento sea homogéneo,

se puede optar por aerosol electrostático que genera partículas uniformes por abajo de 100 nm, mucho menores a las producidas por rociado convencional. En el caso del recubrimiento por inmersión, es ideal cuando la superficie a cubrir es irregular ya que permite que toda la superficie del alimento se cubra y se puede remover el exceso de recubrimiento. Además, permite recubrimientos de mayor grosor, en comparación al método por aspersión (Bizymis & Tzia, 2021).



Figura 6. Diferentes maneras de producir un recubrimiento comestible.

También se puede usar la técnica de bicapa en la cual primero se forma la capa de proteína o polisacárido y luego la capa de lípidos (Figura 7). Aunque este método provee de una buena barrera ante el vapor de agua, se requiere de pasos adicionales: 2 vaciados y 2 secados (Aguirre-Joya *et al.*, 2018).

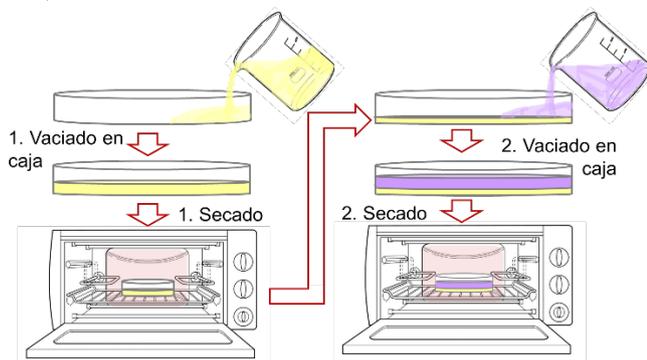


Figura 7. Técnica bicapa.

1.3 Nuevas técnicas

Para polímeros de alta viscosidad o en ausencia de disolventes, se puede usar un extrusor, lo que permite reducir el uso de reactivos, por lo tanto, implica un menor impacto ambiental. La extrusión consiste en convertir el material sólido en un fluido mediante calor y presión (Chiuyari Lino, 2019). Aunque este método puede ahorrar costos y tiempo, se deben tener consideraciones, como es el caso del almidón. Tanto la presión, calor y cizallamiento mecánico pueden romper la integridad de los puentes de hidrógeno entre las cadenas de almidón, causando cambios no deseados como gelatinización (causando menor viscosidad) o fragmentación (causando menor tamaño de partícula y daño estructural) (Leyva, 2018).

2. Caracterización de películas

2.1 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de una película hacen referencia a que ésta debe de tener una fuerza mecánica adecuada, así como no tener roturas o poros. Esto se puede cuantificar a través de tensión máxima (que consiste en la máxima tensión que la película puede soportar antes de romperse), el porcentaje de elongación (que consiste en medir qué tanto cambia la longitud original de la película) y el módulo de elasticidad, que es el cociente entre la tensión y la elongación (Figura 8) (Marzo Rojas, 2010).

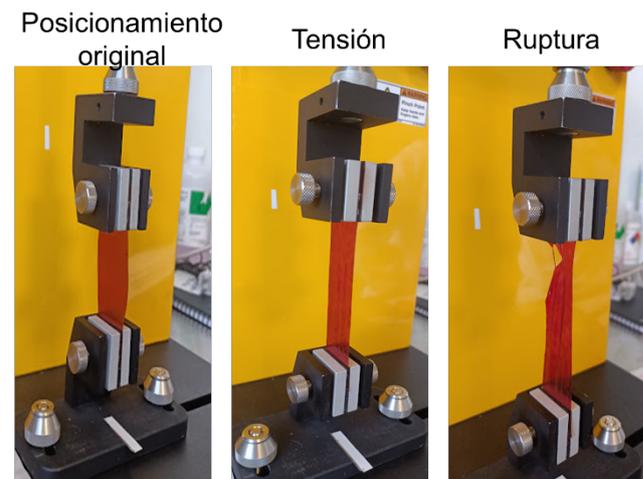


Figura 8. Texturómetro usado para medir la tensión, porcentaje de elongación y módulo de elasticidad.

Los componentes que se usan en la elaboración de la película tendrán un efecto sobre las propiedades mecánicas. Por ejemplo, los polisacáridos y proteínas forman redes moleculares, lo que le confiere cohesión y buenas propiedades mecánicas. En cambio, los lípidos, aunque son una barrera ante el vapor de agua, presentan malas propiedades mecánicas, lo que se traduce a una película quebradiza. Para mejorar la flexibilidad de las películas se puede usar plastificantes, o bien, emulsificantes para que los lípidos se dispersen en la matriz de la película (Famáa, *et al.*, 2003).

El almidón, compuesto de amilopectina y amilosa, es un polisacárido comúnmente usado en la formación de películas. La amilosa es el componente responsable de la formación de películas. Romero-Bastida *et al.* (2005) probaron almidones de diferentes fuentes (plátano y mango) y encontraron que la película a base de almidón de plátano tuvo mayor tensión a la fractura debido a que tiene mayor contenido de amilosa.

La adición de plastificantes aporta flexibilidad a la película ya que se sustituyen interacciones entre amilosa-amilopectina creando interacciones entre el plastificante y las moléculas de almidón. Sanyan *et al.* (2015) estudiaron el rol de los plastificantes sobre la resistencia a la tracción de las películas. Encontraron que películas con baja

concentración (>15% w/w) de plastificante ya sea glicerol o sorbitol, mostraron un alto valor de resistencia a la tracción debido a que hay más interacciones intermoleculares almidón-almidón, en comparación a almidón-plastificante. En concentraciones más altas (15-45% w/w) hubo una reducción en la resistencia a la tracción ya que se forman puentes de hidrógeno entre los plastificantes y el almidón, debilitando los enlaces entre las cadenas de almidón.

Liu et al. (2004) elaboraron películas a base de proteína de maní y estudiaron los efectos térmicos sobre las propiedades mecánicas. Encontraron que el calentamiento a 70-80 °C puede alterar la estructura tridimensional de las proteínas, exponer los grupos sulfhidrilos libres y cadenas laterales hidrofóbicas. Después del secado, como el solvente se evapora, existe una unión entre el disulfuro y los residuos hidrofóbicos causando un entrecruzamiento que causa un aumento de la resistencia mecánica.

2.2 Barrera a la transferencia de materia

Otro aspecto importante en la caracterización de una película es su permeabilidad. La finalidad de un empaque, en general, es actuar como barrera ante la transferencia de agua, solutos de alimentos y gases. Los gases y vapores pueden fluir a través de microporos o pequeñas grietas del material o bien, se pueden disolver en la superficie de la película y difundir a través de ésta por efecto del gradiente (Solis Rivera, 2016).

En general, la permeabilidad al vapor de agua aumenta si el componente de la película es hidrófilo, así como un mayor contenido de plastificante (Arreola González & Fuentes Ruiz, 2019).

Los recubrimientos comestibles se pueden usar en frutas y hortalizas para evitar su deterioro ya que éste se da por la respiración (consumo de oxígeno y liberación de dióxido de carbono) y pérdida de agua (deshidratación) del tejido vegetal. El uso de una película reduce la tasa de respiración y crea una barrera ante el vapor de agua, por lo que evita la deshidratación del vegetal (Pérez-Gago, 2008).

Pellá et al., (2020) reportaron que su recubrimiento a base de almidón de mandioca, gelatina y caseína fue efectivo para la preservación de guayabas, aumentando su vida útil por 2 días. Esto lo atribuyen a que el recubrimiento actúa como barrera y limita el paso de moléculas de agua hacia el ambiente. De manera similar, Trela (2022) reportó que su recubrimiento de almidón de mandioca y glicerol en frutas (carambola y quinoto) previnieron la pérdida de calidad, equivalente al mantenimiento de firmeza y apariencia de la fruta ya que el recubrimiento actúa como una barrera ante la pérdida de agua.

2.3 Espectroscopía

Cada molécula tiene un espectro infrarrojo (IR) característico debido a que cada una absorbe a determinada longitud de onda. Esta absorción se convierte en vibración molecular dependiendo de los enlaces químicos de la muestra. La

espectroscopía IR mide la absorción según la longitud de onda, que va de 4000-600 cm^{-1} y permite identificar los compuestos de una muestra. Un tipo de espectroscopía IR es FT-IR. Una fuente genera luz IR y pasa a través de un interferómetro para dirigirse a la muestra. Se obtiene un interferograma FTIR que representa la intensidad de la luz en función de la posición de un espejo móvil dentro del interferómetro. Para su representación IR, la señal se transforma por Fourier a una función en base a la longitud de onda (Petit & Puskar, 2018)

Otro tipo de espectroscopía es Raman. Primero un haz de luz monocromático incide sobre la muestra. Una porción de la luz se dispersa inelásticamente, lo que produce cambios de frecuencia equivalentes a variaciones de energía, que permiten identificar la muestra (Rodríguez, 2010).

FT-IR y espectroscopía de Raman se pueden usar como técnicas espectroscópicas vibratorias complementarias debido a que las bandas con intensidades fuertes en Raman pueden tener intensidades débiles en FT-IR y viceversa. Aunque Raman obtiene mejor resolución, puede tomar más tiempo ya que se tiene que probar diferentes fuentes y potencias de láser porque cada fuente y potencia produce diferentes señales espectrales. Por otra parte, el agua interfiere en análisis de FT-IR en mayor medida que Raman (Xu et al. 2019).

Jiménez et al. (2019) elaboraron una película comestible a partir de cáscara de plátano macho y pudieron observar la interacción entre sus componentes (lignina, celulosa y almidón) a través de FT-IR. Pudieron identificar compuestos por su banda característica. Por ejemplo, en la región de 1613 cm^{-1} encontraron una banda de absorción de agua. También pudieron identificar interacciones entre los compuestos, como en la región de 1700 a 1100 cm^{-1} la cual atribuyeron a vibraciones de los grupos acetil unidos a hemicelulosa. Además, encontraron las bandas de absorción entre 1125 y 1000 cm^{-1} las cuales se deben a un estiramiento de C-O y C-C por la presencia de xilanos y el enlace glucosídico.

Pandia-Estrada et al. (2021) elaboraron películas a base de gelatina y extracto de orégano. El uso de orégano en concentraciones de 2.5 y 5% causó una disminución en la intensidad de las bandas amidas. A mayor concentración (10%) se observó una disminución más significativa de las bandas amidas. Esto se puede deber a la interacción de los grupos -NH de los grupos aminos de la gelatina con puentes de hidrógeno del extracto. De este modo, FT-IR permite observar entrecruzamientos de los diferentes componentes de las películas.

Incluso se puede deducir el grado de interacción mediante FT-IR. Gavilán et al. (2016) elaboraron películas de quitosano y gelatina con sorbitol, glicerol o triacetina como plastificantes. En las películas sin plastificante se observó un pico de absorbancia correspondiente al grupo amida. Con la adición del plastificante, hubo una mayor intensidad en la banda del grupo amida y un desplazamiento a menor longitud

de onda (de 1542 cm^{-1} a 1536 cm^{-1} para glicerol y 1532 cm^{-1} para sorbitol). Esto indica que la interacción entre los polímeros y plastificantes se da a través de puentes de hidrógeno. En el caso de la adición de triacetina observaron un desplazamiento a menores longitudes de onda para las bandas características de gelatina, pero no las de quitosano. Esto indica que la triacetina interactúa en mayor medida con la gelatina, que con el quitosano. Además, pudieron observar un nuevo pico a 1218 cm^{-1} lo cual indicaría interacciones de Van de Waals entre los grupos ésteres de la gelatina y los alcóxilos de la triacetina.

De manera similar, Raman proporciona información acerca de las interacciones entre los compuestos de la película. Por ejemplo, Urbizo-Reyes *et al.* (2020) elaboraron una película de mucílago de semilla de chía con glicerol o sorbitol. Las películas con mayor contenido de sorbitol mostraron mayor resistencia a la tracción y menor permeabilidad al vapor de agua. El análisis de Raman mostró cambios de 854 a 872 cm^{-1} y de 1061 a 1076 cm^{-1} , debido al aumento en los puentes de hidrógeno.

2.4 Difracción

La difracción de rayos X se utiliza para observar la estructura cristalina de las moléculas, o bien, para saber si la estructura es amorfa. Los difractogramas de películas comestibles revelan áreas amorfas y cristalinas dependiendo el polímero, plastificante, tipo de secado y contenido de humedad (Avramescu *et al.*, 2020).

Yakimets *et al.* (2007) evaluó la interacción del agua con polisacáridos (gelatina y almidón de yuca) e indicaron que entre mayor agua exista en la película, mayor sorción de agua existe por parte de los sitios hidrofóbicos del polisacárido en el caso de la gelatina. Para el almidón, los patrones de rayos X revelaron una estructura amorfa y, al aumentar la cantidad de agua no aumentó la sorción de moléculas agua, por lo que no existió reorganización de moléculas.

Martins *et al.* (2012) elaboraron películas a base de goma garrofín (LBG) y k-carragenina (k-car). Mediante difracción de rayos X, observaron que la película de LBG presenta una estructura no cristalina. La adición de k-car a la película de LBG provocó un reordenamiento desordenado que dio lugar a una película poco cristalina.

Suput *et al.* (2016) usaron difracción de rayos X donde las películas control, a base de almidón sin aceites esenciales, mostraron un amplio pico de difracción indicando la destrucción de la estructura cristalina de tipo A. Al adicionar aceite esencial (orégano y comino negro), se obtuvieron picos de difracción más estrechos.

Jaramillo *et al.* (2016) elaboraron películas comestibles a base de almidón de yuca con glicerol y diferentes concentraciones de yerba mate. El glicerol, como plastificante, ocupó espacios intermoleculares entre las cadenas de almidón, cambiando la organización molecular tridimensional del polímero. La adición de la yerba mate

redujo la cristalinidad, creando un patrón amorfo e impidiendo el fenómeno de retrogradación.

2.5 Microscopía

2.5.1 Microscopía electrónica de barrido (SEM)

La microscopía permite observar materiales que no se pueden ver a simple vista al magnificar a escala de milímetros a nanómetros. Un tipo de microscopía es la microscopía electrónica de barrido (SEM) que permite determinar la topografía de la superficie y homogeneidad. Esto permite identificar poros y grietas que podrían afectar la barrera y propiedades mecánicas de la película. Esta técnica utiliza electrones para formar una imagen. Para esto, un filamento genera un haz de electrones para iluminar la muestra y generar interacciones con la superficie. Luego los electrones son recogidos y se crea una imagen que refleja las características superficiales (Venkateshaiah *et al.*, 2020).

El fundamento de SEM se basa en emitir electrones por un cátodo de tungsteno a través de una columna al vacío, donde se concentra el haz inicial por medio de lentes electromagnéticas. Este haz se desplaza por la superficie de la muestra para “barrerla” como si fuera un pincel. Al hacer interaccionar el haz electrónico con la superficie, se producen electrones secundarios los cuales son captados por un detector y son incididos sobre un centelleador para que cada electrón produzca fotones. Los fotones son dirigidos a un fotomultiplicador a través del cañón de luz para que cada fotón produzca un fotoelectrón (Renau-Piqueras & Faura, 1994).

En cuanto a películas comestibles, SEM se puede usar para observar las porosidades ya que éstas aumentan la permeabilidad de la película. Soukoulis *et al.* (2014) evaluaron películas adicionadas con probióticos y mediante SEM, encontraron que la fibra probiótica con gelatina resultó en una estructura más compacta, sin microporos detectables, sugiriendo que los probióticos rellenan los espacios de la matriz. Además, a través de SEM se puede apreciar la distribución de cavidades lo cual afecta a la transmisión de vapor de agua. En caso de tener regiones sin cavidades, que se observan lisas, el recubrimiento tiende a ser brillante (González, 2018). SEM también permite determinar si el espesor del recubrimiento o la película es constante (Sánchez Aldana *et al.*, 2015).

2.5.2. Microscopía electrónica de transmisión (TEM)

Existe otro tipo de microscopía llamada microscopía electrónica de transmisión (TEM). De acuerdo con Maeda *et al.* (2019), TEM es similar a microscopía de luz visible, con la diferencia que TEM usa un haz de electrones enfocados en lugar de luz visible. Con TEM, se puede obtener mayor resolución óptica ya que no está limitada a la longitud de onda de la luz visible. Esta técnica se basa en generar una fuente de electrones en alto vacío. Los electrones se aceleran hacia una muestra delgada y enfoca mediante lentes. TEM se

usa para investigar morfologías y estructuras de aleaciones metálicas, materiales inorgánicos y biológicos (Jiang et al., 2019).

González (2019) reportó el uso de TEM para determinar el tamaño de las nanopartículas de quitosano y las imágenes reveladas permitieron observar la forma (esférica) y distribución (uniforme) de las partículas. Por otra parte, Azeredo et al. (2009) examinaron nanofibras de celulosa con TEM y pudieron calcular las dimensiones (longitud y diámetro). Vachon et al. (2000) analizaron sus películas a base de caseinato de calcio y proteínas de suero mediante TEM y observaron la porosidad de las películas. De manera similar, Banerjee et al. (1996) observaron zonas esféricas pequeñas lo que les permitió inferir que existen agujeros microscópicos o bien, existen proteínas sueltas ya que la película examinada estaba elaborada a base de suero lácteo.

2.5.3. Microscopía de fuerza atómica (AFM)

Otra técnica para el análisis de los recubrimientos es el microscopio de fuerza atómica (AFM). Éste se desarrolló para superar un inconveniente que presentaba la microscopía de túnel de barrido (STM), el cual sólo podía obtener imágenes de superficies conductoras o semiconductoras, lo que significa que sólo los metales y los semiconductores eran candidatos para STM. Por lo tanto, AFM reemplazó a STM, con la gran ventaja de que puede obtener imágenes de cualquier tipo de superficie sin necesidad de preparación de la misma (Giessibl, 2003).

AFM se basa en la interacción de una punta (situada en un cantiléver) con la superficie de la muestra. La punta se desplaza sobre la superficie de la muestra y con esto, se generan fuerzas entre la punta y la muestra. Esto provoca deflexiones del cantiléver por acción de las fuerzas de Van Der Waals, permitiendo la generación de una micrografía de superficie (González & Castrellón-Urbe, 2005).

Existen diferentes modos de operación de AFM. El modo de contacto es un contacto continuo entre la punta y la muestra y tiene la ventaja de las altas velocidades de barrido. Su desventaja es que las fuerzas laterales pueden distorsionar la imagen. El modo de contacto intermitente se usa cuando no se quiere dañar la muestra por el constante contacto de la punta con la muestra. Tiene la ventaja de una mayor resolución lateral, pero una menor velocidad de barrido, aunque no alcanza resolución atómica. El modo sin contacto se basa en que el cantiléver vibra cerca de la superficie de la muestra (distancia entre 10 y 100 Angstroms). La desventaja es que la resolución puede no ser muy alta porque la punta no está cerca de la superficie y el barrido es lento. Además, el barrido se puede frenar si hay contaminación de agua ya que se confunde con la topografía (García & Kikut Cruz, 2020).

Bonilla Lagos (2013) usó AFM para cuantificar el impacto de los ingredientes activos en la topografía de la superficie de las películas, pudiendo así, determinar la rugosidad de la superficie. De modo similar, Pérez Masiá (2012) analizó la

estructura superficial de las películas mediante AFM; lo que le permitió distinguir que el ácido oleico y el ácido esteárico imparten cierta rugosidad a la película y generan relieves abruptos. Saber la rugosidad del recubrimiento mediante AFM puede ser útil ya que lo podemos correlacionar con la selectividad de los gases, como lo indicó Yáñez Crespo (2019).

Conclusiones

La elaboración de empaques comestibles permite reemplazar a los de plástico para reducir la contaminación. Un empaque biodegradable debería tener propiedades similares a los de plástico: ser una barrera entre el ambiente y el alimento. Es por lo que, al momento de diseñar la formulación del empaque, se debe considerar cómo los componentes afectarán las propiedades mecánicas del empaque; es decir, se espera una película flexible que no se rompa. También se debe de considerar la permeabilidad para evitar la pérdida de agua del alimento. Para poder estudiar la interacción entre sus componentes, se pueden emplear técnicas como FT-IR o Raman. Esto permite la deducción de interacciones entre los componentes y formación de puentes de hidrógeno o Van Der Waals. Aunque se espera que a simple vista la película se vea homogénea, se requiere de microscopía para poder observar porosidades que puedan interferir en su permeabilidad.

La tendencia de los empaques comestibles se ha centrado en adicionar agentes antimicrobianos para reducir o inhibir la carga microbiana presente en los alimentos que puedan deteriorar su calidad. Sin embargo, recientemente el enfoque radica en empaques comestibles inteligentes que permitan monitorear la calidad de los alimentos. Un ejemplo es el uso de pigmentos de fuentes naturales que pueden cambiar de color en función del pH.

Contribución de los autores

NTC, recolección de información y redacción.

MEG, diseño del trabajo, temas y recolección de información,

CRG, revisión de redacción y corrección de estilo.

JAGA, revisión de estilo, correcciones y redacción

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Presentaciones previas

Ninguna.

Referencias

1. Abedi-Firoozjah, R., Yousefi, S., Heydari, M., Seyedfatehi, F., Jafarzadeh, S., Mohammadi, R., ... & Garavand, F. (2022). Application of red cabbage anthocyanins as pH-sensitive

- pigments in smart food packaging and sensors. *Polymers*, 14(8), 1629.
2. Agarwal, S., Hoque, M., Bandara, N., Pal, K., & Sarkar, P. (2020). Synthesis and characterization of tamarind kernel powder-based antimicrobial edible films loaded with geraniol. *Food Packaging and Shelf*
 3. Aguirre-Joya, J. A., De Leon-Zapata, M. A., Alvarez-Perez, O. B., Torres-León, C., Nieto-Oropeza, D. E., Ventura-Sobrevilla, J. M., ... & Aguilar, C. N. (2018). Basic and applied concepts of edible packaging for foods. In *Food packaging and preservation* (pp. 1-61). Academic Press.
 4. António, J. F. D. R. (2021). Development of an active whey protein film using Portuguese green tea (*Camellia sinensis* L.) extract to enhance Latin-style fresh cheese shelf life (Doctoral dissertation, Universidade de Coimbra).
 5. Arredondo, M. Z. (2017). Evaluación de Propiedades Mecánicas y Permeabilidad al Vapor de Agua de Películas de Quitosano.
 6. Arreola González, A., & Fuentes Ruiz, A. (2019). Diseño y evaluación de un recubrimiento comestible para guayabas.
 7. Arriaga Perea, J. A. (2019). Evaluación de las propiedades físicas de películas de gliadinas con el uso de formaldehído como agente entrecruzante.
 8. Ávila-Sosa, R., & López-Malo, A. (2008). Aplicación de sustancias antimicrobianas a películas y recubrimientos comestibles. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 2(2), 4-13.
 9. Avramescu, S. M., Butean, C., Popa, C. V., Ortan, A., Moraru, I., & Temocico, G. (2020). Edible and functionalized films/coatings—Performances and perspectives. *Coatings*, 10(7), 687.
 10. Azeredo, H. M., Mattoso, L. H. C., Wood, D., Williams, T. G., Avena-Bustillos, R. J., & McHugh, T. H. (2009). Nanocomposite edible films from mango puree reinforced with cellulose nanofibers. *Journal of food science*, 74(5), N31-N35.
 11. Balaguer, M. P., Lopez-Carballo, G., Catala, R., Gavara, R., & Hernandez-Munoz, P. (2013). Antifungal properties of gliadin films incorporating cinnamaldehyde and application in active food packaging of bread and cheese spread foodstuffs. *International journal of food microbiology*, 166(3), 369-377.
 12. Banerjee, R., Chen, H., & Wu, J. (1996). Milk protein-based edible film mechanical strength changes due to ultrasound process. *Journal of Food Science*, 61(4), 824-828.
 13. Bento, L. M., Silva-Pereira, M., Chaves, K., & Stefani, R. (2015). Development and evaluation of a smart packaging for the monitoring of ricotta cheese spoilage. *MOJ Food Process. Technol*, 1, 3-5.
 14. Bizymis, A. P., & Tzia, C. (2021). Edible films and coatings: Properties for the selection of the components, evolution through composites and nanomaterials, and safety issues. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1-16.
 15. Bonilla Lagos, M. J. (2013). Desarrollo de films y recubrimientos comestibles bio-activos como soporte de agentes antioxidantes y antimicrobianos (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
 16. Cardona, C. E. O., & Fernández, X. A. (2020). Quitosano: una alternativa sustentable para el empaque de alimentos. *Revista Digital Universitaria*, 21(5).
 17. Chiuyari Lino, J. A. (2019). Descripción de actividades para asegurar el control de calidad en las películas plásticas producidas en la Empresa Oppfilm Perú SA.
 18. Correa-Pacheco, Z. N., García-Paniagua, K. D., Bautista-Baños, S., & Corona-Rangel, M. L. (2019). Effect of chitosan-thyme essential oil nanocoatings on postharvest quality of tomato fruit. *Mexican Journal of Phytopathology*, 37(1).Life, 26, 100562.
 19. Famáa, L., Rojasb, A. M., Goyanesa, S., & Gerschensonb, L. (2003). Películas comestibles de aplicación industrial. *Trabajo*, 10(5).
 20. García, A., & Kikut Cruz, K. (2020). Atomic force microscopy as a tool in asphalt research. *Infraestructura Vial*, 22(40), 20-27.
 21. Gavilán, F. J. P. (2016). Estudio de la interacción entre plastificantes y polímeros formadores de una película comestible mediante la correlación entre sus parámetros espectroscópicos y mecánicos (Doctoral dissertation, Pontificia Universidad Católica de Chile (Chile)).
 22. Giessibl, F. J. (2003). Advances in atomic force microscopy. *Reviews of modern physics*, 75(3), 949.
 23. Ginez Povez, P., & Godoy Hernández, M. S. (2018). Formulación de un recubrimiento comestible preservante de arándano empleando mucilago extraído de la penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*).
 24. González, L. R. R. (2018). Caracterización de dispersiones filmogénicas a base de almidón de maíz y ácido oleico en nanoemulsión con capacidad de formación de recubrimientos comestibles activos.
 25. González, M. C. R., & Castrellón-Urbe, J. (2005). Microscopio de fuerza atómica. *Encuentro de Investigación en Ingeniería Eléctrica*, 17-18.
 26. González, M. D. C. M. (2019). Efecto de cubiertas comestibles con nanopartículas de quitosano y/o propóleo sobre la calidad y capacidad antioxidante de fresas/fragaria x ananassa.
 27. González, S. M. R., Reyes, M. D. J. B., Márquez, G. R., Saucedo, C. A. D., & Martínez, M. H. (2020). CARACTERIZACIÓN NO DESTRUCTIVA DE FORMULACIÓN DE EMPAQUES COMESTIBLES USANDO TOMOGRAFÍA DE COHERENCIA ÓPTICA. *Miscelánea Científica en México*, 91.
 28. Jaramillo, C. M., Gutiérrez, T. J., Goyanes, S., Bernal, C., & Famá, L. (2016). Biodegradability and plasticizing effect of yerba mate extract on cassava starch edible films. *Carbohydrate polymers*, 151, 150-159.
 29. Jiang, X., Higuchi, T., & Jinnai, H. (2019). Transmission Electron Microscopy. In *Molecular Soft-Interface Science* (pp. 147-153). Springer, Tokyo.
 30. Jiménez, A., Hernández, K. L., Collahuazo-Reinoso, Y., Avilés, R., Pino, J. A., & García, M. A. (2019). Película comestible a partir de cáscara de plátano macho (*Musa paradisiaca* L.): Edible film from of plantain peel (*Musa paradisiaca* L.). *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 29(3), 49-57.
 31. Leyva, A. P. L. (2018). Desarrollo de películas comestibles a base de almidón acetilado y gelatina y su aplicación en un fruto modelo (Doctoral dissertation, UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SINALOIA).
 32. Liu, C. C., Tellez-Garay, A. M., & Castell-Perez, M. E. (2004). Physical and mechanical properties of peanut protein films. *LWT-Food science and technology*, 37(7), 731-738.
 33. Maeda, M., Takahara, A., Kitano, H., Yamaoka, T., & Miura, Y. (2019). *Molecular soft-interface science*. Springer Japan.
 34. Martins, J. T., Cerqueira, M. A., Bourbon, A. I., Pinheiro, A. C., Souza, B. W., & Vicente, A. A. (2012). Synergistic effects between κ -carrageenan and locust bean gum on physicochemical properties of edible films made thereof. *Food Hydrocolloids*, 29(2), 280-289.
 35. Marzo Rojas, I. (2010). Efecto del tipo y contenido de aceites esenciales sobre las propiedades mecánicas y barrera de películas comestibles basadas en zeína.
 36. Naseri, H. R., Beigmohammadi, F., Mohammadi, R., & Sadeghi, E. (2020). Production and characterization of edible film based on gelatin-chitosan containing Ferulago angulate essential oil and its application in the prolongation of the shelf life of turkey meat. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(8), e14558.
 37. Oliveira, S. P. L. F., Bertan, L. C., De Rensis, C. M. V. B., Bilck, A. P., & Vianna, P. C. B. (2017). Whey protein-based films incorporated with oregano essential oil. *Polímeros*, 27, 158-164.
 38. Pandia-Estrada, S., Romero-Santivañez, R., Céspedes-Chombo, R., & Solari-Godíño, A. (2021). Películas comestibles a base de gelatina obtenida de piel de mahi-mahi (*Coryphaena hippurus*) y extracto de orégano: Características fisicoquímicas, antimicrobianas, estructurales y de superficie. *Scientia Agropecuaria*, 12(2), 229-237.
 39. Pardo Cuervo, O. H., & Velasco Mosquera, R. (2012). Propiedades fisicoquímicas y mecánicas de películas obtenidas a partir de almidón nativo y oxidado de arracacha. *Revista ION*, 25(SPE), 23-29.
 40. Pellá, M. C., Silva, O. A., Pellá, M. G., Beneton, A. G., Caetano, J., Simões, M. R., & Dragunski, D. C. (2020). Effect of gelatin and casein additions on starch edible biodegradable films for fruit surface coating. *Food chemistry*, 309, 125764.
 41. Pereira Jr, V. A., de Arruda, I. N. Q., & Stefani, R. (2015). Active chitosan/PVA films with anthocyanins from *Brassica oleracea* (Red Cabbage) as Time-Temperature Indicators for application in intelligent food packaging. *Food Hydrocolloids*, 43, 180-188.
 42. Pérez Masiá, R. (2012). INFLUENCIA DEL TAMAÑO DE PARTÍCULA EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE FILMS A BASE DE CASINATO

- SÓDICO Y ÁCIDO OLEICO O ESTÉARICO.
43. Pérez-Gago, B., Del Río, M. A., & Rojas-Argudo, C. (2008). Recubrimientos comestibles en frutas y hortalizas. *Horticultura*. Recuperado de Interpresas. net (2019, mayo) recuperado de www.interempresas.net/Horticola/Articulos/Actualidad.
 44. Petit, T., & Puskar, L. (2018). FTIR spectroscopy of nanodiamonds: Methods and interpretation. *Diamond and Related Materials*, 89, 52-66.
 45. Renau-Piqueras, J., & Faura, M. (1994). Principios básicos del microscopio electrónico de barrido.
 46. Rodríguez, I. G. (2010). Facultad de Ciencias.
 47. Rodríguez-Marín, M. L., Bello-Pérez, L. A., Yee-Madeira, H., & González-Soto, R. A. (2013). Propiedades mecánicas y de barrera de películas elaboradas con harina de arroz y plátano reforzadas con nanopartículas: estudio con superficie de respuesta. *Revista mexicana de ingeniería química*, 12(1), 165-176.
 48. Romero-Bastida, C. A., Bello-Pérez, L. A., García, M. A., Martino, M. N., Solorza-Feria, J., & Zaritzky, N. E. (2005). Physicochemical and microstructural characterization of films prepared by thermal and cold gelatinization from non-conventional sources of starches. *Carbohydrate Polymers*, 60(2), 235-244.
 49. Sánchez Aldana, D., Contreras-Esquivel, J. C., Nevárez-Moorillón, G. V., & Aguilar, C. N. (2015). Caracterización de películas comestibles a base de extractos pécticos y aceite esencial de limón Mexicano. *CyTA-Journal of Food*, 13(1), 17-25.
 50. Sánchez-González, L., Vargas, M., González-Martínez, C., Cháfer, M., & Chiralt, A. (2008). Incorporación de productos naturales en recubrimientos comestibles para la conservación de alimentos. In *Memorias VIII Congreso SEAE "Alimentación y Agricultura Ecológica"*. Ed. Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Bullas, Murcia, España.
 51. Sharifi, K. A., & Pirsá, S. (2021). Biodegradable film of black mulberry pulp pectin/chlorophyll of black mulberry leaf encapsulated with carboxymethylcellulose/silica nanoparticles: Investigation of physicochemical and antimicrobial properties. *Materials Chemistry and Physics*, 267, 124580.
 52. Solís Rivera, S. I. (2016). Elaboración y caracterización de películas comestibles elaboradas con hidroxipropilmetilcelulosa (HPMC).
 53. Soukoulis, C., Behboudi-Jobbahdar, S., Yonekura, L., Parmenter, C., & Fisk, I. D. (2014). Stability of *Lactobacillus rhamnosus* GG in prebiotic edible films. *Food Chemistry*, 159, 302-308.
 54. Suput, D., Lazic, V., Pezo, L., Markov, S., Vastag, Z., Popovic, L., ... & Popovic, S. (2016). Characterization of starch edible films with different essential oils addition. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 66(4).
 55. Trela, V. D. (2022). Preservación de frutas tropicales (Quinoto, Mora y Carambola) aplicando recubrimientos comestibles.
 56. Urbizo-Reyes, U., San Martín-González, M. F., García-Bravo, J., & Liceaga, A. M. (2020). Development of chia seed (*Salvia hispanica*) mucilage films plasticized with polyol mixtures: Mechanical and barrier properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 163, 854-864.
 57. Vachon, C., Yu, H. L., Yefsah, R., Alain, R., St-Gelais, D., & Lacroix, M. (2000). Mechanical and structural properties of milk protein edible films cross-linked by heating and γ -irradiation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(8), 3202-3209.
 58. Venkateshaiah, A., Padil, V. V., Nagalakshmaiah, M., Waclawek, S., Černík, M., & Varma, R. S. (2020). Microscopic techniques for the analysis of micro and nanostructures of biopolymers and their derivatives. *Polymers*, 12(3), 512.
 59. Xu, J. L., Thomas, K. V., Luo, Z., & Gowen, A. A. (2019). FTIR and Raman imaging for microplastics analysis: State of the art, challenges and prospects. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 119, 115629.
 60. Yakimets, I., Paes, S. S., Wellner, N., Smith, A. C., Wilson, R. H., & Mitchell, J. R. (2007). Effect of water content on the structural reorganization and elastic properties of biopolymer films: a comparative study. *Biomacromolecules*, 8(5), 1710-1722.
 61. Yáñez Crespo, A. A. (2019). Funcionalización y caracterización de derivados de quitosano (Bachelor's thesis, Quito: UCE).
 62. Yao, X., Qin, Y., Zhang, M., Zhang, J., Qian, C., & Liu, J. (2021). Development of active and smart packaging films based on starch, polyvinyl alcohol and betacyanins from different plant sources. *International journal of biological macromolecules*, 183, 358-368.



ARTÍCULO DE REVISIÓN

Tendencia de la inflación en México, una revisión del periodo 2012-2022

Elidia Bernardino-Pérez¹

¹ Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz, México.

Recepción 09 de noviembre de 2023. Aceptación 24 de noviembre de 2023

PALABRAS CLAVE

Inflación, economía, precios, déficit, PIB, tipo de cambio, INPC, BANXICO, INEGI.

Resumen

La inflación es un fenómeno que se observa en la economía de un país y está relacionado con el aumento desordenado de los precios de la mayoría de los bienes y servicios que se comercian en sus mercados por un periodo de tiempo prolongado. En el presente artículo de revisión se realizó una investigación del estado del arte con base a autores y datos recopilados del Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) y Banco de México (BANXICO) con el objetivo de formular un análisis sobre la evolución y tendencia de la inflación en México durante el periodo comprendido del 2012-2022. Se investigaron los diversos factores que influyen en el movimiento inflacionario y que han contribuido a la evolución económica de nuestro país y se identificaron que existen varias causas que pudieron desencadenar la inflación; sin embargo, la principal fue generada por los excesos de dinero circulando en manos de la población que, al sentirse con más recursos, incrementaron sus gastos y generaron una mayor demanda de bienes y servicios en la economía cuando la capacidad productiva del país no se encontraba en posibilidades de cubrirla, provocando escasez y aumentos en los precios; además, para evitar el incremento acelerado de la inflación, es necesario identificar a qué ritmo aumentan los precios y aplicar medidas para frenar este aumento.

KEYWORDS

Inflation, economy, prices, déficit, PIB, exchange rate, INPC, BANXICO, INEGI

Abstract

Inflation is a phenomenon that is observed in the economy of a country and is related to the disorderly increase in the prices of most assets and services traded in its markets for a prolonged period of time. In this review article, a state of the art study was carried out based on authors and data collected from the National Consumer Price Index (INPC), National Institute of Statistics and Geography (INEGI) and Banco de México (BANXICO) with the objective of formulating an analysis on the evolution and trend of inflation in Mexico during the period 2012-2022. The various factors that influence the inflationary movement and that have contributed to the economic evolution of our country were investigated and it was identified that there are several causes that could trigger inflation; However, the main one was generated by the excess of money circulating in the hands of the population who, feeling with more resources, increased their expenses and generated a greater demand for assets and services in the economy when the country's productive capacity was not able to bear it, causing shortages and increases in prices; Furthermore, to avoid the accelerated increase in inflation, it is necessary to identify at what rate prices are increasing and apply measures to stop this increase.

Introducción

A través de los años la economía de un país presenta efectos significativos, tal es el caso de la inflación. México no es la excepción a este tipo de fenómenos, puesto que los precios experimentan incrementos anuales y en consecuencia se reduce el poder adquisitivo del dinero para la compra de productos, bienes y/o servicios (Figueroa-Hernández et al., 2016; González y Saucedo, 2018; Mendoza y Aguirre, 2019).

El Banco de México (BANXICO) señala que la inflación es el aumento desordenado de los precios de la mayor parte de los bienes y servicios que se ofrecen en el mercado, por un periodo de tiempo prolongado, siendo esto un fenómeno que se puede observar en la economía de cualquier país. Se considera que también es provocado por la emisión de dinero sin respaldo, es decir, provoca que se reduzcan las reservas propias e incurre en altos costos de oportunidad (INEGI, 2023; Chapa, 2020; Cárcamo y Arroyo, 2022).

Pero ¿cómo se puede entender el significado de la inflación? En términos simples, esto significa que la cantidad de dinero que se tenía en el pasado ya no es suficiente para adquirir los mismos productos o servicios en la actualidad. De acuerdo a lo anterior, el efecto es percibido en diferentes sectores de la población (amas de casa, obreros, empresarios, empleados, emprendedores, etc.), siendo los más afectados los hogares más pobres (Ramos et al., 2017; León, 2020).

El objetivo del presente artículo es analizar cómo ha sido la tendencia de la inflación en México y señalar los principales factores que contribuyen a su aumento con el paso de los años. Para este artículo se analizaron diversas publicaciones de autores especialistas en el tema, en el rango de años del 2012 al 2022 con la finalidad de comprender y analizar la tendencia de la inflación en México.

Acorde con la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 16 de abril del 2008, a partir del 15 de julio del 2011 el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) tiene la facultad exclusiva de elaborar y publicar los índices nacionales de precios.

En consideración a lo anterior, se puede señalar cómo se ha comportado la inflación en los últimos diez años:

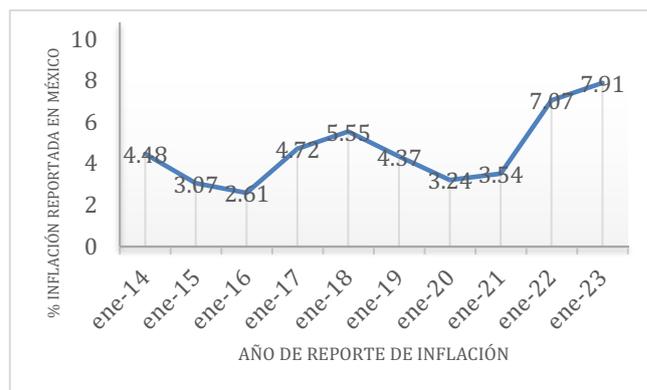


Figura 1. Inflación medida por Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC) índice general.

Fuente: Banco Nacional de México (BANXICO), Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2023.

En la figura 1 se observa que el valor mínimo de la inflación fue en el año 2016 y su pico máximo se presentó en el año 2023, estando a la alza desde el 2021 causado principalmente por la recuperación económica tras la crisis provocada por la pandemia del coronavirus.

En los últimos años, se han desarrollado investigaciones sobre la evolución de la inflación en México y su relación con la economía nacional. Se han reportado estudios en los que se analiza la tasa de desocupación, actividad económica, tasa de crecimiento, tipo de cambio, el déficit fiscal, tasa de

interés, entre otros muchos factores que son preponderantes para la determinación de la inflación (López et al., 2020; Figueroa et al., 2016; Armendáriz y Ramírez, 2017).

Se han realizado análisis sobre los mecanismos de transmisión que determinan la tasa de interés neutral, misma que sirve como referencia para establecer una política monetaria del Banco Central. En este caso, se llegan a considerar la aplicación del método de paridad de tasas de interés y la regla de Taylor (Sánchez, 2019; Acosta, 2018).

Los autores concluyen que la tasa de interés neutral cambia de manera indirecta cuando se presenta una variación en la tasa de desocupación, lo que genera un cambio en la inflación y de manera directa cuando hay una reducción en la distancia del PIB real en relación con el PIB potencial. Estos cambios podrían sugerir que el Banco Central puede implementar una política monetaria más expansiva, sin generar mayor inflación. (Sánchez, 2019; Acosta, 2018)

Así mismo, se ha considerado el estudio de la inflación bajo un análisis no monetario, tomando el papel del precio de la gasolina como uno de los principales causantes del proceso inflacionario. Según los autores Galicia y Martínez (2020), se puede realizar un análisis planteando como principal objetivo la relación existente entre la inflación en México en el periodo del 2007 al 2018 y el precio promedio de la gasolina magna, siendo estas variables no monetarias, sin embargo, influyen significativamente en la determinación de la inflación, sin ignorar la relevancia de variables financieras como el tipo de cambio nominal. La evolución de los precios carburantes tiene una alta incidencia en la inflación y esta puede agravarse si el tipo de cambio se deteriora.

No obstante, existe una teoría que sostiene que la inflación es un fenómeno puramente monetario, por lo tanto guarda una relación lineal con el crecimiento económico. Los resultados de esta teoría revelan que el efecto de un choque negativo del INPC en el crecimiento, es mayor que un choque positivo. En el caso de México se observa una relación de largo plazo y asimétrica, no lineal, entre la inflación y el crecimiento económico (Cerezo et al., 2019; Mántey, 2009; León., 2014).

De acuerdo a Novelo y Muller (2020) puede existir una relación entre el crecimiento económico, el déficit fiscal y la inflación con la autonomía del Banco de México con respecto del gobierno. Destacan que las variables consideradas como causa de la inflación, son una acelerada expansión del gasto público, choques petroleros y crisis de deuda, mismo que originan una pérdida de estabilidad macroeconómica. De igual manera mencionan que aunque no existe una relación de causalidad, el gasto del gobierno podría ser una variable endógena en los modelos económicos. El déficit gubernamental no es necesariamente causa de un incremento de la inflación (Galindo, 2006; Rosas y Mimbrera, 2018).

Es relevante destacar que se han realizado estudios sobre el análisis de la tasa de desempleo y el crecimiento económico en México (Figueroa et al., (2016). Parte de su trabajo consistió en reunir información a través de diversas fuentes,

considerando variables como: Producto Interno Bruto, desempleo, tasa de inflación, salario mínimo general, tipo de cambio y tasa de interés. Por consiguiente, formularon un modelo econométrico de regresión lineal múltiple que trata de explicar el comportamiento del desempleo y la inflación en nuestro país. De acuerdo a sus resultados estadísticos, concluyeron que las variables descritas influyen significativamente en la inflación en México, cuyo efecto propicia implicaciones negativas para la economía (López et al; 2020; Hernández et al., 2017).

Coincidiendo con esta línea de investigación, los autores Schwartz y Pérez (2000) mencionan que la experiencia inflacionaria de México en las últimas décadas ha tenido efectos negativos sobre las variables macroeconómicas. Así, el ritmo de actividad económica, la creación de empleos, la inversión y los salarios reales se han visto afectados por la presencia de la inflación (Acosta, 2017).

Pero ¿qué efecto ha tenido la pandemia por COVID-19 en la inflación? Se presenta evidencia de que la inflación está siendo afectada principalmente por tres fenómenos: primero el incremento de la inflación mundial, la cual tiene impactos directos e indirectos sobre la inflación local; el segundo es uno de reversión a la tendencia y finalmente el cambio en los patrones de consumo a raíz de la pandemia. Una gran parte del actual incremento está explicado por las variaciones atípicas en productos clave, el origen de estas variaciones está en factores externos y de oferta, como el incremento en los precios internacionales de las materias primas y los problemas en las cadenas de suministro (Esquivel *et al.*, 2021).

Es importante destacar que la problemática de la inflación no es propia de nuestra nación. México es uno de los cinco países más grandes de Latinoamérica, ha sido objeto de estudios que analizan la asimetría de la política monetaria y cambiaria junto con otros países que emplean metas de inflación, tal como: Brasil, Chile, Colombia y Perú. Entre ellos, Brasil y México presentan síntomas más pronunciados.

En América Latina, las intervenciones del Banco Central en el mercado cambiario han sido una constante en los últimos años. Cabe señalar que la moneda se aprecia o se deprecia, con base a esto pueden existir presiones globales sobre el tipo de cambio tomando en cuenta las tendencias en cuanto a las reservas de divisas y las tasas de interés. Lo anterior trae consigo el comportamiento asimétrico de estos factores que al final determinan las causas de la inflación (Libman, 2018; Chapa, 2020).

En la figura 2 se aprecia el lugar que ocupa México como uno de los países más grandes de Latinoamérica y su relación de su economía con la tendencia de la inflación, siendo menor que Brasil y Chile.

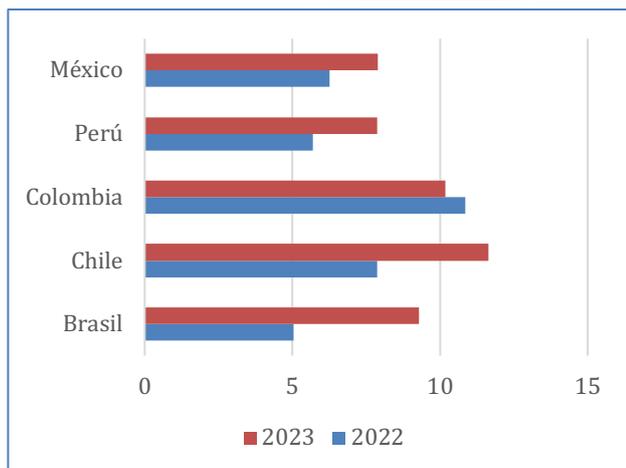


Figura 2. Ranking de los países de América Latina por tasa de inflación en 2022 y 2023.

Fuente: Statista Research Department, 2023.

De acuerdo al Programa de Comparación Internacional, el cual mide el tamaño económico, el nivel precio y el nivel de bienestar material de países, regiones y del mundo entero, México se encuentra posicionado en el lugar número dos de las economías más grandes de América Latina, quedando por debajo de Brasil.

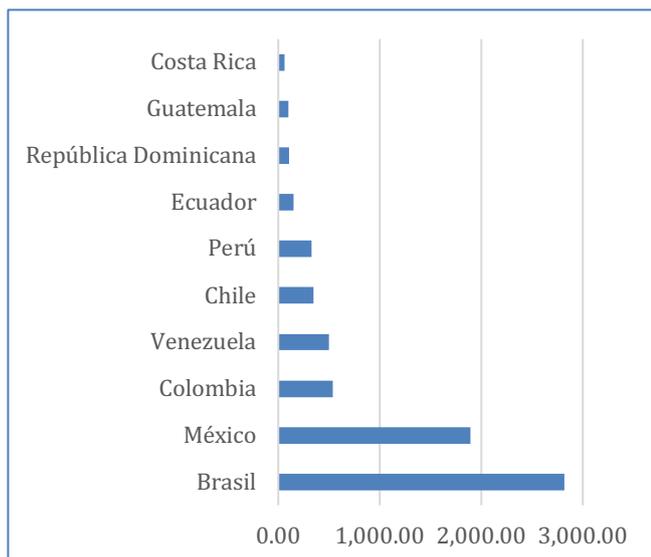


Figura 3. Ranking de las economías más grandes de países de América Latina.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2023)

En la figura 3 se distingue que Brasil y México se han mantenido como las dos principales economías de América Latina en las últimas cuatro décadas.

Desde 1980 el tablero económico de la región tiene a estos países como los mercados más grandes en función de su Producto Interno Bruto (PIB). Sin embargo, a pesar de estar como segunda mejor economía de Latinoamérica, también se encuentra considerado dentro de los países con mayor inflación.

Conclusiones

Se puede analizar que la inflación en México se explica mayormente por choques de oferta de productos y servicios que, en conjunto con una recuperación dispar, han provocado

desequilibrios temporales entre la oferta y la demanda de algunos productos. La tendencia observada del 2012 al 2022 ha propiciado altibajos, en algunos años se aprecia una ligera disminución como en el periodo 2014-2016 con un valor mínimo de 2.61 pero que posteriormente comienza a elevarse hasta alcanzar un pico en 2018 con un valor de 5.5 para después disminuir en 2020 con 3.24 y volver a aumentar hasta el día de hoy (2023) que se presenta un valor 7.91. Lo anterior simboliza que aunque existen máximos y mínimos por periodos, al recuperarse la inflación siempre alcanza un nuevo pico máximo, lo que ocasiona que al pasar los años la inflación siga en aumento. Cabe mencionar que este fenómeno no es propio de México ya que a nivel mundial si se analizara, la tendencia es muy similar.

Finalmente, se debe considerar que desde el 2020 a nivel global se vivió la pandemia por COVID-19, que tuvo efectos en el alza en la inflación debido a que promovió un cambio en los patrones de consumo de los hogares y que actualmente continúa afectando los ajustes en los precios relativos de algunos productos.

Contribución de los autores

EBP, análisis y redacción.

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses.

Presentaciones previas

Ninguna.

Referencias

- Acosta M.A. (2017). Evaluación del anclaje de las expectativas de inflación en México. Consultado en: https://www.cemla.org/PDF/monetaria/PUB_MON_XXXIX-01-03.pdf
- Acosta M.A. (2018). Un análisis de cambio estructural en la persistencia de la inflación en México usando la regresión cuantílica. Consultado en: <https://doi.org/10.20430/ete.v85i337.663>
- Armendáriz T. y Ramírez C. (2017). Estimación de un índice de condiciones financieras para México. Consultado en: <https://doi.org/10.20430/ete.v84i336.610>
- Cárcamo M.L. y Arroyo P. (2022). La evolución de la inflación en México. Consultado en: <http://revistaeconomia.unam.mx/index.php/ecu/article/view/741/686>
- Cerezo G.V., López G.T.S. y López H.F. (2019). Crecimiento económico e inflación en México, 1993-2018: ¿Una relación lineal o no lineal?. Consultado en: <https://doi.org/10.22201/fe.01851667p.2020.311.72437>
- Chapa, O.M. (2020). La inflación en la perspectiva de la Escuela Austriaca. Telos: Revista de Estudios Interdisciplinarios en Ciencias Sociales, 22(2), 325-341.
- Esquivel G., Leal J. y Badillo R.Y. (2021). La dinámica inflacionaria en México en un contexto de recuperación y pandemia. Consultado en: <https://ecapitalhumano.com/wp-content/uploads/2021/10/Paper-GEsquivel.pdf>

8. Figueroa H.E., Pérez S.F. y Godínez M.L. (2016). El desempleo y la inflación en México. Consultado en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31048483015>
9. Galicia M.U. y Martínez N.A. (2020). Un modelo no monetario de la inflación en México, 2007-2018. Consultado en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=31048483015>
10. Galindo L.M. (2006). Banco de México: Política Monetaria de metas de inflación. Consultado en:
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-952X2006000300006
11. González J. y Saucedo E. (2018). Traspaso depreciación - inflación en México: Análisis de precios al consumidor y productor. Consultado en:
<https://doi.org/10.21919/remef.v13i4.337>
12. Hernández B.P., Armas A.E. y Favila T.A. (2017). La inflación y la participación de sueldos y salarios en el PIB en México, el papel de la política monetaria, el desempleo y la productividad del trabajo. Consultado en:
<https://rnee.umich.mx/index.php/rnee/article/view/208/171>
13. León A.M., Ortega H.A. y Rodríguez H.B. (2014). Inflación y crecimiento del Producto Interno Bruto en 35 años de políticas neoliberales en México. Consultado en:
<http://ru.iiec.unam.mx/3825/1/060-Le%C3%B3n-Ortega-Rodr%C3%ADguez.pdf>
14. León B.T., Díaz B. A. (2020). Impacto de la inflación de los precios de los alimentos en el bienestar de los hogares en situación de pobreza en México. Consultado en:
<https://doi.org/10.24836/es.v30i56.1914>
15. Libman E. (2018). Política monetaria y cambiaria asimétrica en países latinoamericanos que usan metas de inflación. Consultado en:
https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/43990/RVE125_Libman.pdf?sequence=1&isAllowed=y
16. López M.B, Ramírez A.A. y Sámano P.D. (2020). Consideraciones sobre política fiscal y expectativas de inflación en México. Consultado en:
<https://doi.org/10.22201/fe.01851667p.2020.312.75372>
17. Mántey G. (2009). Intervención esterilizada en el mercado de cambio en un régimen de metas de inflación: la experiencia de México. Consultado en:
<https://www.scielo.org.mx/pdf/ineco/v68nspe/v68nspea3.pdf>
18. Mendoza V.A. y Aguirre S.D. (2019). Impuesto especial a alimentos y bebidas y su impacto en la inflación en México: dinámica, persistencia y cambio de régimen. Consultado en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6854876/>
19. Novelo F. y Muller N. (2020). Déficit fiscal, crecimiento económico e inflación, ¿una relación exógena? Consultado en:
<https://doi.org/10.22201/fe.01851667p.2020.312.75373>
20. Ramos F.M., Noriega A.E. y Rodríguez P.C.A. (2017). Uso de agregados monetarios como indicadores de la evolución futura de los precios al consumidor: crecimiento monetario y metas de inflación. Consultado en:
<https://doi.org/10.20430/ete.v8i333.261>
21. Rosas R.E. y Mimbrela D.M.C. (2018). Inflación y volatilidad cambiaria en México (1969-2017). Consultado en:
<https://doi.org/10.15446/ede.v28n53.75057>
22. Sánchez V.A. (2019). Estimación de la tasa de interés neutral, desempleo e inflación en México. Consultado en:
<https://doi.org/10.22201/fe.01851667p.2020.311.72434>
23. Schwartz M.J. y Pérez L.A. (2000). Crecimiento económico e inflación: el caso de México. Consultado en:
<https://core.ac.uk/download/pdf/6506977.pdf>



ARTÍCULO ORIGINAL

Simulaciones PhET: una estrategia didáctica para fortalecer el aprendizaje del álgebra

Julissa Beanet Perea-García¹

¹ TSU en Agrobiotecnología área Vegetal, Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz, México.

Recepción 21 de noviembre de 2023. Aceptación 25 de noviembre de 2023

PALABRAS CLAVE

Simulador PhET;
aprendizaje; estrategia
didáctica; motivación;
rendimiento académico.

Resumen

La investigación planteó una metodología bajo el enfoque híbrido o mixto de tipo descriptivo aplicada a un grupo de 22 estudiantes que corresponden a la población y muestra, entre 17 y 19 años de edad, del 1er. cuatrimestre de los sistemas escolarizado y sabatino de la carrera en Técnico Superior Universitario en Agrobiotecnología área Vegetal de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Ver. La estrategia didáctica diseñada fue para el tratamiento de los contenidos temáticos que conforman la Unidad II de la asignatura de Álgebra Lineal, siendo ésta el primer acercamiento a las matemáticas que conforman el plan curricular de su formación universitaria. El procedimiento se dio en tres etapas: análisis de la información, diseño e implementación de la estrategia didáctica y evaluación de la implementación, teniendo como variable dependiente propiciar un aprendizaje significativo en álgebra y como variables independientes la implementación de las simulaciones PhET, a través de la estrategia didáctica. El análisis de datos cuantitativos se hizo con una prueba t-student a partir de los resultados obtenidos en las pruebas inicial y final que arrojaron una diferencia significativa en cada uno de los temas abordados. Los resultados cualitativos se obtuvieron del análisis de las observaciones directas y de los formularios pretest y postest en donde los/las estudiantes pudieron no sólo dar a conocer sobre su conocimiento, experiencia previa e interés por trabajar con las simulaciones virtuales, sino también manifestaron el impacto que provocó en su proceso de aprendizaje del álgebra y en lo motivacional. La evaluación de la implementación de la estrategia didáctica arrojó resultados que permitieron concluir que se cumplieron con los objetivos propuestos y validar la hipótesis de investigación, es decir, se propició un aprendizaje significativo en los contenidos temáticos abordados al usar simulaciones PhET.

Correspondencia: Julissa Beanet Perea García. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, P.E. Agrobiotecnología, Gutiérrez Zamora, Veracruz, México, correo electrónico: jperea@utgz.edu.mx

KEYWORDS

PhET Simulator; learning; teaching strategy; motivation; academic performance.

Abstract

The research proposed a methodology under the hybrid or mixed approach of a descriptive type applied to a group of 22 students who correspond to the population and sample, between 17 and 19 years of age, from the 1st. quadrimester of the systems schooled and Saturday classes from the Higher University Technician degree in Agrobiotechnology area vegetal of the Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Ver. The didactic strategy designed to cover the thematic contents that make up Unit II of the subject of Linear Algebra, this being the first approach to the mathematics that makes up the curricular plan of their university education. The procedure occurred in three stages: analysis of the information, design and implementation of the teaching strategy and evaluation of the implementation, with the dependent variable being to promote significant learning in algebra and the implementation of the PhET simulations as independent variables, through the teaching strategy. The quantitative data analysis was done with a t-student test based on the results obtained in the initial and final tests, which showed a significant difference in each of the topics addressed. The qualitative results were obtained from the analysis of direct observations and the pretest and posttest forms where the students were able not only to share their knowledge, previous experience and interest in working with virtual simulations, but also expressed the impact that it caused in his algebra learning process and in motivation. The evaluation of the implementation of the teaching strategy yielded results that allowed us to conclude that the proposed objectives were met and validate the research hypothesis, that is, significant learning was promoted in the thematic contents addressed when using PhET simulations.

Introducción

El Álgebra Lineal es el primer acercamiento a la matemática que tienen las/los estudiantes durante su formación universitaria y está asignada en el primer cuatrimestre. No sólo debe proporcionar los conocimientos básicos de Álgebra y Álgebra Lineal requeridos en el resto de las asignaturas enmarcadas en el mapa curricular de la carrera en Técnico Superior Universitario (TSU) en Agrobiotecnología área Vegetal, sino facilitar el aprendizaje en quienes tienen dificultades y debilidades en las habilidades matemáticas básicas y, fomentar el uso de la tecnología como herramienta didáctica que les permita poder articular los contenidos temáticos con la realidad, a través del uso de simulaciones virtuales libres, como prácticas de laboratorio de matemáticas, a falta de infraestructura y equipos en la institución.

Es claro que la mayoría de las/los estudiantes, cada inicio de ciclo escolar evidencian debilidades matemáticas, que traen consigo dificultad para aprender los nuevos conocimientos en su formación universitaria. Las causas pueden ser multifactoriales, no es preciso el tema de investigación, sin embargo, se ha identificado a lo largo de 21 años de experiencia que una de las múltiples causas por las que no aprenden de manera significativa es por la desesperanza adquirida dada a las malas experiencias que han tenido en los niveles educativos anteriores. Esto de acuerdo con Bravo (2019) quien hace referencia a que actualmente muchos jóvenes tienen recelo o aversión a la matemática porque en algún momento durante sus estudios tuvieron alguna mala experiencia con la asignatura o el docente; y que, con el paso del tiempo los llevó a desmotivarse y perder el interés en la materia.

La educación matemática ha traído consigo un cuestionamiento constante en los diferentes niveles por parte del estudiante hacia sus docentes y, quizá, muchos han respondido de manera parcial a esa pregunta: ¿para qué me sirve aprender matemáticas?

Pueden existir infinidad de respuestas y generar ideas o creencias que interfieren en la poca o nula comprensión y bajo desempeño de los estudiantes, sintiendo temor o rechazo por aprenderlas. Pero, también es cierto que puede producir todo lo contrario.

El compromiso del docente por actualizarse o capacitarse para poder erradicar esas metodologías tradicionales (y no porque signifiquen ser totalmente ineficientes, pero en muchos casos ya son obsoletas y no favorecen al aprendizaje de las matemáticas de manera significativa) debería ser prioridad, con la finalidad de buscar articular los estilos de aprendizaje, los contenidos temáticos, los conocimientos previos, las nuevas tecnologías, el contexto en el que se desenvuelven las/los estudiantes, permitiendo, quizá, poder encontrar la respuesta a esa pregunta.

Para Gamboa & Ballester (2010), citado en Bravo (2019) la enseñanza debe centrarse en desarrollar habilidades para explorar, visualizar, argumentar y justificar, dónde, antes que memorizar; así se puedan descubrir y aplicar esos aprendizajes, es decir, que encuentren sentido y aplicabilidad a lo que aprenden.

Según Sánchez (2014) si se pudiera imaginar un currículo que muestre a los estudiantes que la matemática no es buena por sí misma, sino que su “bondad” depende de cómo y para qué es aplicada y que las aulas universitarias en las que los futuros ingenieros, economistas y matemáticos mexicanos discutieran aspectos éticos de la aplicación de la matemática, entonces la educación matemática modificaría sustancialmente la percepción que los mexicanos tenemos de las matemáticas y su uso y, los estaríamos preparando para identificar, evaluar y criticar la manera en que las matemáticas se utilizan en su entorno social y político, contribuyendo a la formación de ciudadanos más críticos y activos, capaces de discutir y tomar decisiones fundamentadas matemáticamente que dan forma a nuestra realidad. Pero, ¿cómo lograr esto?

No es una tarea fácil ni sencilla, se requiere de docentes capaces de centrarse en el logro de aprendizajes significativos por parte de las/los estudiantes, más que en el cumplimiento del programa de estudios, pues esto tampoco garantiza el logro de los objetivos educativos, pero sí la conclusión de los contenidos temáticos en el tiempo establecido por las autoridades educativas sin importar si se logró el aprendizaje y, más aún, si éste es significativo para las/los estudiantes, mero cumplimiento administrativo.

Muchas veces, como referencian Abrate *et al.* (2006) el uso de la metodología tradicional recae en la definición de conceptos o dictado de la teoría, después se resuelve algún ejemplo en el pizarrón, se pone a los/las estudiantes a resolver una serie de ejercicios, se califican, se solicita de tarea la resolución de unos más, hasta llegar al periodo de exámenes que, en algunos casos, para los profesores es lo que determina si se logró el aprendizaje.

Partiendo de lo anterior y, de acuerdo con Goncalves (2006) el estudiante debe recurrir a memorizar fórmulas, demostraciones o formas de resolver los problemas, ya que ésta es la única forma legal de aprobar los exámenes, lo cual, es el objetivo primordial. Esto propicia que las/los estudiantes no reflexionen, relacionen, descubran, ni razonen, simplemente resuelven ejercicios sin contexto aplicando sólo lo enseñado en clases.

Material y métodos

El presente artículo es el resultado del trabajo realizado con estudiantes del 1er. cuatrimestre de la carrera de TSU en Agrobiotecnología área Vegetal de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Ver., con edades que oscilaban entre los 17 y 19 años. Se consideraron dos grupos, uno del sistema escolarizado y uno del sistema despresurizado, para el periodo Septiembre -Diciembre (SD) 2023.

La población y muestra participante fue dirigida, la conforman la matrícula total de cada sistema. El tamaño es de 22 estudiantes en total, de los cuales, 11 (50%) corresponden al sistema escolarizado y 11 (50%) al sistema sabatino.

La metodología utilizada para esta investigación estuvo bajo el

enfoque híbrido o mixto de tipo descriptiva, aplicando como técnicas de recolección de la información, la observación directa, la revisión documental y la encuesta, a través de formularios y pruebas, permitiendo obtener información sobre aspectos cuantitativos y cualitativos Hernández y Mendoza (2018).

Así, en lo que se refiere a la parte cuantitativa se determinó estimar el impacto que tuvo el uso de las simulaciones PhET en el rendimiento académico de los/las estudiantes en los contenidos temáticos de la Unidad II. Álgebra (Figura 1), esto de acuerdo con lo establecido en la hoja de asignatura de la materia de Álgebra Lineal, a fin de implementar mejores estrategias al evaluar los resultados obtenidos.

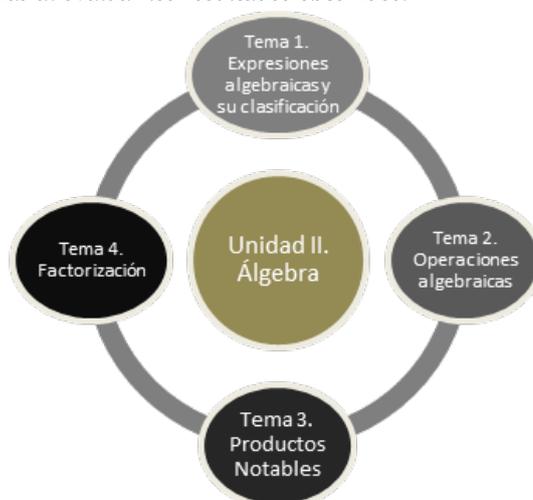


Figura 1. Contenidos Temáticos

En cuanto a lo cualitativo, se buscó indagar sobre la influencia motivacional que propició en las/los estudiantes el uso de las simulaciones PhET para el aprendizaje de los temas, dado que uno de los objetivos de PhET, es que les permite reflexionar sobre su propio entendimiento a través de situaciones que pueden relacionar con el mundo real, dándole sentido a lo aprendido. PhET interactive simulaciones (<https://phet.colorado.edu/es/>).

La investigación se llevó a cabo en tres etapas:

1. Análisis previo. Aplicando el formulario (pretest) y una prueba inicial;
2. Diseño e implementación de la estrategia didáctica y,
3. Evaluación del impacto de la estrategia con la aplicación del formulario (postest).

La recolección de datos se dio a través del diseño de instrumentos como lo fueron los formularios y la prueba, aplicados al inicio y final.

Los test fueron aplicados por medio de formularios de Google permitiendo a las/los estudiantes recibirlo en su correo institucional y recopilar información de forma fácil y eficiente.

En la primera etapa se utilizó un formulario (pretest) y una prueba inicial para obtener información relevante desde lo cuantitativo y cualitativo respectivamente.

El pretest se compuso de 09 preguntas relacionadas con la experiencia previa en el uso de simuladores en el aprendizaje de las matemáticas e información sobre el interés por continuar aprendiendo o, en su caso, por aprender matemáticas con el apoyo de simuladores.

La prueba inicial consistió de 10 preguntas para determinar el nivel de conocimientos de las/los estudiantes relacionados con saberes previos al álgebra.

Para la segunda etapa se diseñó la estrategia didáctica, considerando dos aspectos fundamentales:

1. Partiendo de los resultados obtenidos en el formulario (pretest) y la prueba inicial;
2. Moreira (2017) determinó que las condiciones para poder alcanzar un aprendizaje significativo se debían considerar: la potencialidad significativa de los materiales educativos (i.e., deben tener significado lógico y el estudiante debe tener subsumidores específicamente relevantes) y la predisposición del sujeto para aprender (i.e., intencionalidad de transformar en psicológico el significado lógico de los materiales educativos), aspecto indagado a través del pretest. Por tanto, las actividades diseñadas fueron centradas en los estudiantes, a través de las simulaciones PhET que proveyeron de experiencias interactivas, con color y movimiento, basadas en situaciones contextualizadas, propiciando el desarrollo de habilidades de observación, descubrimiento, reflexión, de discusión de ideas y aprendizaje colaborativo, con el objetivo de apoyar el aprendizaje activo basado en indagación, de tal forma que exploraran nuevas ideas, se apropiaran de su experiencia de aprendizaje y se generara una actitud positiva hacia el aprendizaje del álgebra.

Las/los estudiantes resolvieron 05 hojas de trabajo con el apoyo de 04 diferentes simulaciones PhET, que les permitieron la exploración, el análisis y descubrimiento, propiciando conocimientos y habilidades para alcanzar competencias en la explicación de las relaciones causa-efecto, generando así, un aprendizaje significativo (Figura 2).



Figura 2. Simulaciones PhET incorporadas en la estrategia didáctica

Cobos *et al.* (2018) hacen referencia a que las ventajas del aprendizaje significativo se centran en vincular la nueva

información a la estructura cognitiva, superando las expectativas del memorístico, en el sentido de almacenar la información para desarrollar la memoria a corto y largo plazo que se relaciona con la motivación para ayudar a afirmar y apropiarse de los conocimientos.

Durante la implementación de la estrategia didáctica, también se recabó información por medio de la observación directa, permitiendo sistematizar las situaciones conductuales de las/los estudiantes y sus avances en el aprendizaje, para identificar las oportunidades que se presentaron durante las predicciones y descubrimientos que realizaron, las preguntas no previstas y las reacciones que éstas les produjo. En la última etapa, se aplicó el formulario (postest) compuesta por 06 preguntas similares al pretest que permitieron obtener información de tipo motivacional y percepciones de los estudiantes sobre el proceso de enseñanza y aprendizaje de los contenidos temáticos de la unidad II con el apoyo de las simulaciones PhET. Se aplicó nuevamente la prueba inicial para determinar el nivel de competencia alcanzado.

Resultados

Se obtuvo información relevante respecto a los resultados cualitativos. Para el formulario (pretest) se eligieron sólo las preguntas de mayor impacto para la investigación, teniendo los siguientes resultados.

El 73.7% de los/las estudiantes antes de la implementación, tenían conocimiento del significado de simulador virtual (Figura 3), sin embargo, el 100% menciona que ninguno de sus profesores en los niveles educativos anteriores lo utilizaron (Figura 4), por ende, no tenían experiencia alguna en el uso de estos durante los procesos de enseñanza-aprendizaje; así mismo el 89.5% señalan que están interesados en que las/los profesores de matemáticas de su formación profesional hagan uso de simulaciones virtuales para fortalecer su aprendizaje (Figura 5).

¿Conoce qué significa simulador virtual?

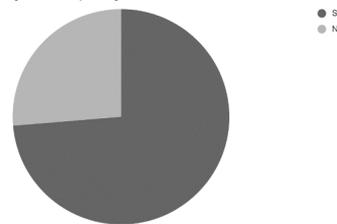


Figura 3. Conocimiento del significado de simulador virtual

¿Qué simulador virtual han usado los profesores de los anteriores niveles educativos para fortalecer el aprendizaje de las matemáticas?

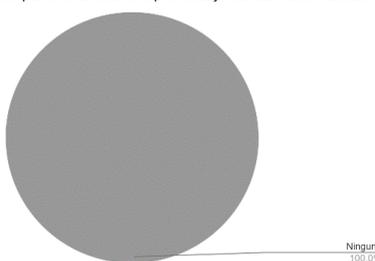


Figura 4. Uso de simulación virtual en niveles educativos anteriores

Durante su formación universitaria en TSU cursará algunas asignaturas de matemáticas ¿le gustaría que su docente haga uso de algún simulador virtual para fortalecer el aprendizaje de estas?

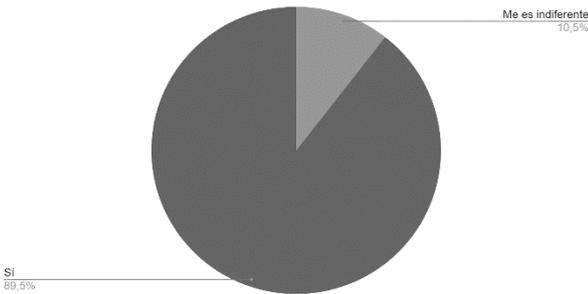


Figura 5. Interés por el uso de simulaciones virtuales para fortalecer el aprendizaje

Para el caso del formulario (postest) se obtuvieron los siguientes resultados. El 81.8% consideró que el uso de las simulaciones fue primordial para fortalecer el aprendizaje de los contenidos temáticos, mientras el 18.2% piensa que no causó un impacto en éste (Figura 6).

Desde su experiencia, ¿qué importancia tuvo el uso del simulador virtual, como recurso didáctico en el proceso de aprendizaje de los contenidos temáticos de la Unidad II. Álgebra?

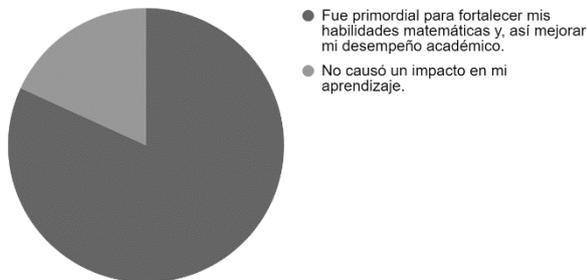


Figura 6. Importancia del uso de las simulaciones PhET en el aprendizaje de álgebra

Otro aspecto importante que fue evaluado es el uso de las simulaciones virtuales como factor para erradicar la apatía hacia el aprendizaje de los contenidos temáticos del álgebra y, el 63.6% considera que sí lo es porque fue útil y fácil de usar, el 27.3% piensa que es atractivo y que llamó su atención, mientras que el resto considera ambas opciones (Figura 7).

Está de acuerdo con el uso de un simulador virtual en el aula para reducir la apatía hacia el aprendizaje de los contenidos temáticos de la Unidad II. Álgebra, ya que éste:

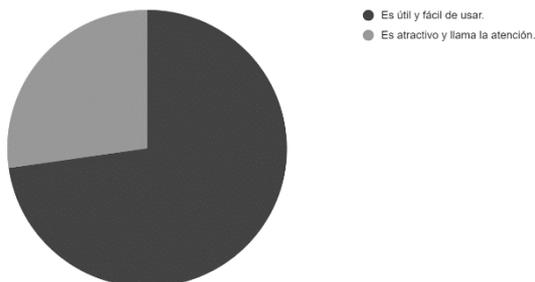


Figura 7. Las simulaciones virtuales como factor para erradicar la apatía en el aprendizaje del álgebra

En lo que respecta a las simulaciones virtuales como herramienta didáctica que facilitó la comprensión de los contenidos temáticos del álgebra, sólo el 9.1% mencionó que

no fue así, el resto consideró que no sólo fueron atractivos sino además mejoraron su interés por aprender facilitando el desarrollo de las actividades (Figura 8):

¿El simulador virtual facilitó la comprensión de los contenidos temáticos de la Unidad II. Álgebra?



Figura 8. Uso de las simulaciones virtuales para facilitar la comprensión de los contenidos temáticos del álgebra

La experiencia con el uso de las simulaciones virtuales para fortalecer los contenidos temáticos recae en un 72.7% que considera fue excelente (Figura 9):

¿Cómo considera que fue su experiencia con el uso del simulador virtual para el fortalecimiento de los contenidos temáticos de la Unidad II. Álgebra?

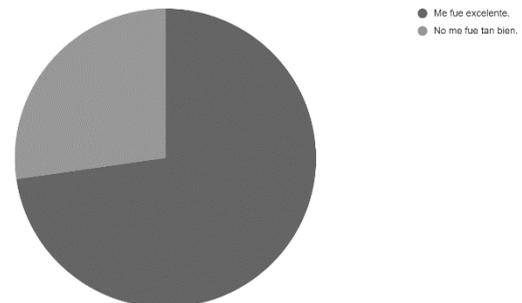


Figura 9. Experiencia adquirida con el uso de simulaciones virtuales

Del mismo modo, se evaluó el interés por continuar trabajando con simulaciones virtuales durante el resto de su formación universitaria y el 100% sugiere a las/los profesores que hagan uso de éstas para fortalecer el aprendizaje de las siguientes asignaturas del área de matemáticas.

A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que la motivación e interés de las/los estudiantes hacia el aprendizaje del álgebra se vio reflejado. Es prioridad evaluar las múltiples simulaciones que nos ofrece PhET, de tal forma que la elegida sea acorde al tema a abordar y que permita mantener atento a las/los estudiantes sin perder el interés por continuar.

En el caso de los resultados cuantitativos se obtuvieron los siguientes. En la primera y última etapa se aplicó una prueba que permitiría identificar los saberes previos y determinar los conocimientos alcanzados.

La siguiente gráfica (Figura 10) muestra un comparativo del promedio obtenido en las pruebas aplicadas en las dos etapas.

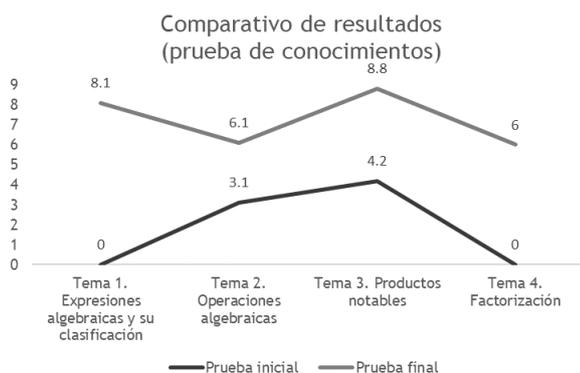


Figura 10. Comparativo resultados pruebas de conocimientos

La línea gris oscuro muestra los resultados de la prueba inicial y la línea de color gris claro los de la prueba final. Se evidencia que, para los 4 temas en la prueba inicial las/los estudiantes obtuvieron una puntuación media menor a 8, es decir, aún no cuentan con los conocimientos necesarios y requeridos, esto de acuerdo con lo establecido en los Lineamientos de Operación de los Programas Educativos por Competencias Profesionales (2017) emitidos por la Coordinación General de Universidades Tecnológicas y Politécnicas, actualmente, Dirección General de Universidades Tecnológicas y Politécnicas (DGUTyP) que establece:

La Universidad Tecnológica utilizará la siguiente escala, para evaluar las asignaturas no integradoras:

- AU = Autónomo = 10 Supera el resultado de aprendizaje en contextos diferentes.
- DE = Destacado = 9 Cuando se han logrado los resultados de aprendizaje y excede los requisitos establecidos.
- SA = Satisfactorio = 8 Cuando se han logrado los resultados de aprendizaje.
- NA = No Acreditado = No cumple el resultado de aprendizaje de la unidad.

En la prueba final se puede percibir un avance significativo en el promedio alcanzado en los temas 1, 3 y 4; a pesar de que en el tema 4 se obtuvo una puntuación media menor a 8, lograron 6 puntos de 10, incrementando un 60%. El tema 1 es el de mayor significancia dado que su aumento fue del 81%.

Para el caso del tema 2, se muestra un avance en el aprendizaje, pero no el suficiente, sin embargo, el valor porcentual alcanzado fue del 96.8%, siendo un dato numérico revelador.

Con la simulación “Cambio de Expresiones” se pretendía que las/los estudiantes simplificaran expresiones combinando términos semejantes, contextualizaran coeficientes y términos semejantes y no semejantes, además de que interpretaran expresiones en representaciones abstractas y concretas; una de las mayores dificultades al inicio del tema fue la simplificación de términos semejantes por la falta de conocimiento en las leyes de los signos.

Las simulaciones “Explorador de igualdades” y “Explorador de

igualdades: Dos variables” tenían la finalidad de que las/los estudiantes resolvieran y manipularan ecuaciones algebraicas aplicando las propiedades de los números reales y las propiedades de igualdad, como también sustituyendo diferentes valores de una variable, en este caso las propiedades representaron una gran dificultad al inicio debido a la falta de conocimiento de éstas por parte de las/los estudiantes. Así mismo, que usaran el modelo de la balanza para resolver una ecuación con valores desconocidos y construir expresiones equivalentes y, finalmente, usaran el razonamiento proporcional para determinar el valor de una variable.

Para el caso de la simulación “Modelo de Áreas: Álgebra”, se pretendía que las/los estudiantes desarrollaran un método para usar el modelo de áreas para determinar el producto de un monomio y un binomio o el producto de dos binomios; factorizaran una expresión, incluyendo expresiones que tienen una variable; reconocieran que el área representa el producto de dos números y es aditivo; que representaran un problema de multiplicación, como el área de un rectángulo proporcionalmente o usando un área genérica y, finalmente, desarrollaran una estrategia para determinar el producto de dos números de varios dígitos, representando el producto como un área o la suma de áreas. En esta simulación la mayor dificultad que presentaron las/los estudiantes fue identificar el máximo factor común, así como el uso de la propiedad distributiva.

En la siguiente gráfica se muestra el comparativo del desarrollo de competencias de las/los estudiantes, a través del porcentaje de respuestas acertadas:

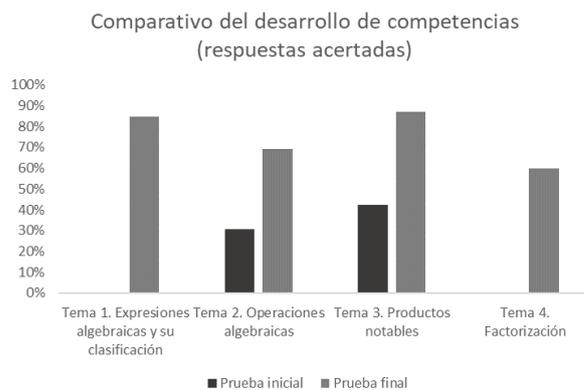


Figura 11. Comparativo del desarrollo de competencias

Se utilizó un nivel de significación de 0.05 en esta prueba y se probó el cumplimiento de la región crítica al compararlo con el valor de p (0.0153). Así, se concluye con un 95% de confianza que la utilización de las simulaciones PhET, tienen influencia estadística sobre los resultados obtenidos, por parte de los/las estudiantes en el aprendizaje de los temas abordados en la Unidad II. Álgebra.

Conclusiones

Los resultados de la investigación han mostrado que el uso de las simulaciones PhET como estrategia didáctica para fortalecer el aprendizaje del álgebra en las/los estudiantes

de 1er. cuatrimestre de la carrera TSU en Agrobiotecnología área Vegetal influyó de manera positiva, no sólo en el aprendizaje de los contenidos sino además en la motivación por aprender y estudiar.

Fue notable en las resoluciones de las hojas de trabajo, que, no sólo hay mayormente respuestas numéricas acertadas, sino además una sistematización de las predicciones, descubrimientos, conclusiones argumentadas, entre otros; situación que no se evidenciaba antes de la implementación, pues la descripción de sus procesos cognitivos no les era posible poner en práctica, dada la falta de comprensión y contextualización de lo que realizaban.

Otro aspecto importante fue que no se requirió capacitación de las/los estudiantes en lo que respecta al uso de las simulaciones virtuales, dado que una de las primeras actividades que realizaron las/los estudiantes fue el juego abierto, lo que les permitió descubrir, despertar el interés y familiarizarse con las funciones de los controles de cada simulación PhET, antes de pasar a la actividad y las preguntas.

De acuerdo a PhET interactive simulaciones (<https://phet.colorado.edu/es/about>), las simulaciones PhET son herramientas que permiten a las/los estudiantes involucrarse en ciencias y matemáticas, a través de la investigación y fueron desarrolladas con base en los siguientes principios:

- Fomentar la investigación científica
- Proveer interactividad
- Hacer visible lo invisible
- Ilustrar modelos mentales
- Incluir varias imágenes (por ejemplo, objetos en movimiento, gráficos, números, etc.)
- Usar ejemplos de la vida real
- Guiar de manera implícita a los usuarios (por ejemplo, limitando los controles) en la exploración productiva
- Crear una simulación que se pueda usar en varias situaciones educativas

En la actualidad podemos encontrar diversas herramientas alternativas libres para los diferentes niveles educativos que pueden encaminarnos al logro de los objetivos educativos, como lo es PhET, pues proporciona simulaciones científicas y matemáticas divertidas, gratuitas, interactivas y basadas en la investigación. Las simulaciones están escritas en HTML5 (con algunas simulaciones antiguas en Java o Flash) y pueden ejecutarse en línea o descargarse, lo que permite hacer uso de éstas sin el problema de acceso a internet, además de que todas las simulaciones son de código abierto, sin embargo, no siempre son aprovechadas estas herramientas gratuitas por las/los profesores que aún no han decidido abrir su panorama sobre la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en los/las estudiantes de este siglo, muchas veces por la falta de interés por indagar o aprender algo nuevo, por temor al cambio y, porque no, al querer evitar sentirse superados en el uso de la tecnología por parte de las/los estudiantes.

El mayor reto que tenemos las/los profesores, es buscar una mejor calidad en el aprendizaje y que éste sea significativo para las/los estudiantes.

Contribución de los autores

JBPG, diseño del trabajo, recolección de datos, análisis estadístico y redacción.

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses.

Presentaciones previas

Ninguna.

Referencias

1. Amadeu, Rute; Leal, João. (2013). Ventajas del uso de simulaciones por ordenador en el aprendizaje de la Física. Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas, Vol. 31, n.º 3, pp. 177-188, <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/285788>.
2. Arrieta, Jaime & Cantoral, Ricardo & Cordero, Francisco. (2003). Las prácticas de modelación como proceso de matematización en el aula.
3. Bravo, F. (2019). Dificultades que enfrentan los nuevos estudiantes universitarios en Matemática. En INNOVA Research Journal. Vol. 5, No.1 pp. 1-13.
4. Cobos, L. F. G., Vivas, Á. M., & Jaramillo, E. S. (2018). El aprendizaje significativo y su relación con los estilos de aprendizaje. In Revista Anales (Vol. 1, No. 376, pp. 231-248).
5. Criollo, L. J. P. (2019). Las bondades del software libre en el proceso de enseñanza - aprendizaje en la educación media. Revista Interamericana De Investigación Educación Y Pedagogía RIIEP, 12(2), 140-156. <https://doi.org/10.15332/25005421.5011>
6. Critical Thinking Consortium (TC2) (2013). Critical Thinking in Elementary Mathematics: What? Why? and How? Canadá: TC2. <https://www.sciedu.ca/journal/index.php/ijhe/article/view/3002/1876>
7. DGUTyP (2017). Lineamientos de Operación de los Programas Educativos por Competencias Profesionales. En Pág. 5 - 6.
8. Guanotuña, G., Heredia, L., García, I. y Lara, L. (2023). Simulador PHET, una herramienta de gamificación para el aprendizaje de las matemáticas: Revista Social Fronteriza 3(1) pp 97 - 113. DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.7552868>
9. Hernández Sampieri, R., Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. México: McGraw-Hill Interamericana.
10. Medina Mendieta, J. F., Arteaga Valdés, E., & Del Sol Martínez, J. L. (2017). La enseñanza de las matemáticas, en la carrera de Ingeniería Informática, utilizando el software libre. Universidad y Sociedad, 9(5), 219-225. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/ru>
11. Moreira, M. A. (2017). Aprendizaje significativo como un referente para la organización de la enseñanza. Archivos de Ciencias de la Educación, 11(12).
12. Niss, Mogens. (2003). Mathematical competencies and the learning of mathematics: the danish KOM project.

13. Novelo, S. S., Herrera, S. S., Díaz, P. J y Salinas, P. H. (2015). Temor a las matemáticas: causa y efecto. En PAG, 2, 1-15. Recuperado de: <http://www.pag.org.mx/index.php/PAG/article/view/268/314>
14. Pardini, A. (2007) Fundamentación del uso de software libre en la universidad pública. Enseñando matemática con herramientas alternativas [En línea]. 1º Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales, 18 y 19 de octubre de 2007, La Plata. Disponible en: http://www.fuentesmemoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.275/ev.275.pd
15. PhET interactive simulations (2023). Acerca de PhET. En <https://phet.colorado.edu/es/> Revisado en septiembre 2023.
16. Rosero Mellizo, L. S., Rivera Toro, K. A., & Guerrero Julio, M. L. (2022). Simulaciones en PhET como estrategia en tiempos de covid-19 para generar aprendizaje significativo al potenciar la competencia explicación de fenómenos. PANORAMA, 16(30). ISSN: 1909-7433. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=343969897013>
17. Sánchez, Aguilar M. (2014). Educación matemática crítica en México: una argumentación sobre su relevancia. Revista trimestral del Departamento Filosofía y Humanidades ITESO. Vol. XXIII-I/No. 89. KIERKEGAARD: REFLEXIONES Y VIGENCIA DE SU PENSAMIENTO FILOSÓFICO (I). En Pág. 30 - 36.
18. Valero, N. & González, J. L. (2020). Análisis comparativo entre la enseñanza tradicional matemática y el método ABN en Educación Infantil. En Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia, 9(1), 40-61.
19. Weigand, HG. Hoyles, C. and J.-B. Lagrange (eds.) (2010). Mathematics Education and Technology—Rethinking the Terrain. The 17th ICMI Study. ZDM Mathematics Education 42, 801-808 (2010). <https://doi.org/10.1007/s11858-010-0286-1>
20. Zamorano Escalona, T., García Cartagena, Y., & Reyes González, D. (2018). Educación para el sujeto del siglo XXI: principales características del enfoque STEAM desde la mirada educacional. Contextos: Estudios De Humanidades Y Ciencias Sociales, (41). Recuperado a partir de <http://revistas.umce.cl/index.php/contextos/article/view/1395>



ARTÍCULO ORIGINAL

Evaluación fisicoquímica y sensorial de salsa tatemada con diferentes especies forestales combustibles

Raquel Marchena-Espiga¹ y Julio Alfonso Armenta-Barrios²

¹Licenciatura en Gestión y Desarrollo Turístico, Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz, México

²Ingeniería en Agrobiotecnología, Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz, México

Recepción 21 de noviembre de 2023. Aceptación 25 de noviembre de 2023

PALABRAS CLAVE

Tatemado; Salsa; Ahumado; Cocina tradicional; Parámetros fisicoquímicos.

Resumen

El proceso de ahumado aporta factores a la conservación de los productos con el agregado de componentes del humo, el cual es empleado con el objetivo de modificar caracteres sensoriales y presentación, además de alargar su vida útil, el objetivo general de este trabajo fue determinar si existe variación de la composición fisicoquímica y sensorial de una salsa tatemada utilizando 4 fuentes diferentes de maderas combustibles utilizadas comúnmente en la cocina tradicional totonaca (guayabo, naranjo, laurel y encino), se estudió el grado de aceptación de esta y su posterior análisis fisicoquímico para observar si existe una diferencia en las características de humedad, pH, sólidos solubles y acidez titulable de la misma, para ello primeramente se obtuvieron las maderas combustibles, se preparó la salsa tatemada, posteriormente se efectuó la evaluación sensorial y por último se realizaron las pruebas fisicoquímicas pertinentes, obteniendo como resultado que los parámetros fisicoquímicos obtenidos se encuentran dentro de los valores esperados para el producto, variando solo un poco en el control elaborado en parrilla eléctrica. Dentro de la evaluación sensorial, los resultados muestran que la salsa posee buena aceptación general, obteniendo valores superiores utilizando encino y guayabo para su elaboración, por lo que este método puede considerarse una buena opción en la preparación de alimentos de manera tradicional. Los datos obtenidos de este trabajo pueden ser utilizados en la promoción de la cocina tradicional, destacando la importancia de rescatar los usos y costumbres de la región totonaca.

Correspondencia: Julio Alfonso Armenta Barrios. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, P.E. Agrobiotecnología, Gutiérrez Zamora, Veracruz, México, correo electrónico: julio_d@utgz.edu.mx

KEYWORDS

Tatemate; Dip; Smoked; Traditional cuisine; Physico-chemical parameters.

Abstract

The smoking process contributes factors to the conservation of products with the addition of smoke components, which is used with the objective of modifying sensory characteristics and presentation, in addition to extending their useful life. The general objective of this work was to determine if there is variation in the physicochemical and sensory composition of a tatemate sauce using 4 different sources of fuel wood commonly used in traditional Totonac cuisine (guava, orange, laurel and oak), the degree of acceptance of this and its subsequent physicochemical analysis were studied to observe if there is a difference in the characteristics of humidity, pH, soluble solids and titratable acidity of the same, for this first the fuel woods were obtained, the tatemada sauce was prepared, later the sensory evaluation was carried out and finally the tests were carried out. relevant physicochemical parameters, resulting in the physicochemical parameters obtained being within the expected values for the product, varying only a little in the control prepared on an electric grill. Within the sensory evaluation, the results show that the sauce has good general acceptance, obtaining higher values using oak and guava for its preparation, so this method can be considered a good option in the preparation of food in a traditional way. The data obtained from this work can be used in the promotion of traditional cuisine, highlighting the importance of rescuing the uses and customs of the Totonac region.

Introducción

La cocina tradicional mexicana es un modelo cultural completo que comprende actividades agrarias, prácticas rituales, conocimientos prácticos antiguos, técnicas culinarias y costumbres y modos de comportamiento comunitarios ancestrales (UNESCO, 2010).

Dentro de esta, se toma en cuenta que el mantener los saberes tradicionales junto con su economía a pequeña escala hacen posible una gastronomía sustentable, tomando en cuenta aquellos beneficios que las prácticas ancestrales aportan, así como los utensilios que se ven involucrados en el proceso de elaboración (CCGM, 2012).

La salsa se define como una mezcla obtenida de la molienda de alguna fruta o verdura con especias o hierbas de olor, utilizada principalmente para acompañar un platillo; en el caso de las salsas mexicanas la especia utilizada principalmente es el chile, que puede ser fresco, seco y se puede mezclar más de uno, mientras que el fruto utilizado con más frecuencia es el jitomate ya sea de forma cruda o cocida, de las hierbas aromáticas, la más utilizada es el epazote y cilantro acompañándolo con pimienta o clavo, pudiéndose obtener una gama muy amplia de estas, las cuales están agrupadas según su color, pudiéndose agrupar en crudas o cocidas (Fernández, 2022)

Dentro de la cultura tradicional, el uso del molcajete (del náhuatl molli que significa salsa y cáxtil que significa taza) es utilizado principalmente para moler productos blandos como lo es el jitomate, chiles, cebollines, condimentos, hierbas y la preparación de algunas salsas, en ocasiones servidas en el mismo recipiente donde la piedra forma parte importante de la cocina, donde los sabores percibidos en los alimentos elaborados con molcajete son mejores, el tipo de roca con la que se fabrican los molcajetes se denomina basalto (Rios *et al*, 2021).

Dentro de las técnicas de preparación tradicional, el ahumado y tatemado forman parte base de las comidas mexicanas, mientras que ahumar es una técnica de conservación alimenticia que consiste en someter alimentos a una fuente de humo proveniente de fuegos realizados de maderas de poco nivel de resina, proporcionando un peculiar

sabor ahumado (Márquez, 2020); en el tatemado (del náhuatl tlatemati «poner al fuego»), el alimento se tuesta por lo general sobre un comal, o directamente sobre el fuego, se pueden tatemar carnes, chiles y otras verduras, algunos pescados e incluso frutos, dándoles la vuelta hasta que luzcan quemados por todos lados y se desprenda su piel fácilmente. (Muñoz, 2020).

Para el proceso de ahumado, se recomienda el uso de maderas duras con alto contenido de lignina ya que proporciona colores más intensos y aromas más vivos. A nivel mundial las maderas más utilizadas son de nogal, mezquite, roble y aliso, en el norte de Europa principalmente se utiliza madera de haya por el sabor que este genera, además, también se emplean otras maderas frutales como la madera de manzano, cerezo, peral, naranjo y limonero, entre otras; es importante destacar que la elección de la madera para el proceso de ahumado puede tener un impacto significativo en la calidad y sabor de los alimentos (Almeida y Gallardo, 2023).

En la región totonaca del estado de Veracruz, las principales maderas utilizadas son maderas frutales como, guayabo (*Psidium guajava*) y naranjo (*Citrus sinensis*), también maderas de laurel (*Laurus nobilis*) y encino (*Quercus chrysolepis*), dependiendo de la zona (Cuevas *et al*, 2019).

La evaluación sensorial es una ciencia multidisciplinaria en la que participan panelistas humanos que utilizan los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios, empleando pruebas en condiciones similares a las que normalmente se utilizan al consumir el producto, y los resultados que de las mismas se obtienen permitirán conocer la aceptación, rechazo, preferencia o nivel de agrado de uno o varios productos, utilizando para ello una lista de términos relacionados con el agrado o no del producto, conocida como escala hedónica (Osorio, 2018)

Un análisis físico-químico en alimentos es un proceso mediante el cual se estudian las características y propiedades de los componentes que conforman los alimentos, con el objetivo de determinar su calidad, seguridad y valor nutricional. Durante este análisis, se realizan diversas pruebas para evaluar aspectos como el contenido de nutrientes, la composición química, la presencia de contaminantes o residuos, el pH y la humedad entre otros. De esta manera, los resultados obtenidos pueden utilizarse para determinar si un alimento

cumple con los estándares de calidad y seguridad, o para identificar posibles problemas o deficiencias en su producción o almacenamiento (Sandoval y Ruiz, 2018)

El presente estudio tuvo como objetivo determinar si existe variación de la composición fisicoquímica y sensorial de una salsa tatemada utilizando 4 fuentes diferentes de maderas combustibles utilizadas comúnmente en la cocina tradicional totonaca (guayabo, naranjo, laurel y encino), observando el grado de aceptación de esta y su posterior análisis a nivel laboratorio para observar si existe una deferencia significativa en las características de estas.

Material y métodos

El presente estudio se llevó a cabo en la Cocina de Humo del programa educativo en Licenciatura en Turismo y el Laboratorio de Biotecnología del programa de Ingeniería en Agrobiotecnología de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora (UTGZ), Veracruz.

Obtención de material vegetal combustible

El material vegetal utilizado se recolectó aproximadamente 5 Kg de trozos de leña recia y seca de guayabo, naranjo, laurel y encino con medidas promedio de 50 cm de largo y 10 cm de diámetro, en la región norte del estado de Veracruz, en los municipios de Gutiérrez Zamora y Papantla, las cuales fueron seleccionadas evitando la presencia de cualquier plaga o enfermedad aparente para posteriormente ser almacenadas en un lugar seco apartado de la humedad hasta su utilización.

Elaboración de salsa verde tatemada

Se elaboró la salsa verde tatemada utilizando una composición constante de 55% de chile jalapeño (*Capsicum annuum*), 25% de cebolla blanca (*Allium cepa*), 18% de ajo (*Allium sativum*) los cuales fueron tatemados y ahumados por separado a fuego directo hasta su cocción y que luzcan quemados por fuera, para posteriormente ser colocados en un molcajete añadiéndole 2% de sal de mesa y moliéndolo de manera tradicional hasta incorporar perfectamente los ingredientes y formar la salsa, la cual fue colocada en frascos cerrados hasta su análisis, utilizando como control una parrilla eléctrica por su practicidad, cada elaboración se realizó por triplicado para cada una de las especies vegetales evaluadas (Sánchez, 2016).

Evaluación sensorial de la salsa elaborada

Para el análisis de las propiedades organolépticas cada salsa fue codificada, y se utilizó una encuesta tipo test de ordenamiento o ranking (Meilgaard *et al*, 2006) en el cual se formó un panel de 75 personas estudiantes y docentes de la UTGZ, las cuales evaluaron mediante puntaje el sabor, olor, acidez, picor y textura de cada una de las salsas elaboradas (ISO 8587:2006).

Análisis fisicoquímico proximal de la salsa elaborada

Se realizó un análisis proximal de las características fisicoquímicas a las muestras de salsas obtenidas.

El contenido de humedad correspondiente para cada una de las muestras, se determinó en una estufa de secado marca Binder pesando en un crisol de porcelana de 1.5 g de

muestra bien mezclada, para posteriormente colocarla en la estufa y mantener la temperatura a 105°C durante 8 horas, después del tiempo requerido, se deja enfriar en un desecador y se pesa en la balanza analítica, volviendo a colocar la muestra en la estufa nuevamente por 10 minutos más y repetir hasta lograr un peso constante (Barreto, 2021), utilizando la siguiente fórmula para determinar el contenido de humedad.

$$\% \text{ humedad} = \frac{(M1 - M2) * 100}{M}$$

Donde:

M1= Peso de la caja petri más muestra húmeda

M2= Peso de la caja petri más muestra seca

M= Peso de la muestra.

El potencial de hidrógeno (pH) correspondiente a cada una de las diferentes muestras de salsa se realizó con 10 mL de producto diluido con agua destilada (1:10) y por medio de un potenciómetro marca Denver previamente calibrado (NMX-F-102-S-1978).

El contenido de sólidos solubles se evaluó por medio de un refractómetro digital marca ATC, previamente calibrado con agua destilada, añadiendo 1 gota de la muestra diluida con agua destilada (NMX-F-103-1982).

Se determinó la acidez titulable a partir de 10 mL de cada una de las muestras diluidas, usando una solución de NaOH 0.1N. Los resultados fueron expresados en porcentaje de ácido acético consumido (NMX-F-102-S-1978).

Análisis estadístico de datos

Cada una de las muestras analizadas fue evaluada por triplicado (excepto la de evaluación sensorial), posteriormente, los resultados fueron analizados mediante un análisis de varianza ($p < 0.05$) usando el software estadístico Minitab 19. Adicionalmente, se realizó una prueba de comparación de medias para el establecimiento de diferencias significativas entre las diferentes muestras evaluadas, todo mediante una prueba LSD ($p < 0.05$).

Resultados

Elaboración de salsa verde tatemada

Se elaboró una salsa verde tatemada utilizando 4 especies vegetales combustibles (guayabo, naranja, laurel y encino) como fuente de fuego y humo, todos los ingredientes fueron tatemados y posteriormente molidos en molcajete tradicional como se muestra en la figura 1; hasta formar la salsa correspondiente.



Figura 1. Parámetros sensoriales evaluados

Evaluación sensorial de la salsa elaborada

Las salsas elaboradas se evaluaron mediante una escala hedónica aplicadas a 75 estudiantes de varias carreras de la UTGZ para conocer su opinión acerca de las características sensoriales de estas, brindando un puntaje para cada parámetro evaluado (sabor, olor, acidez, picor y textura), los cuales se muestran en la figura 2.

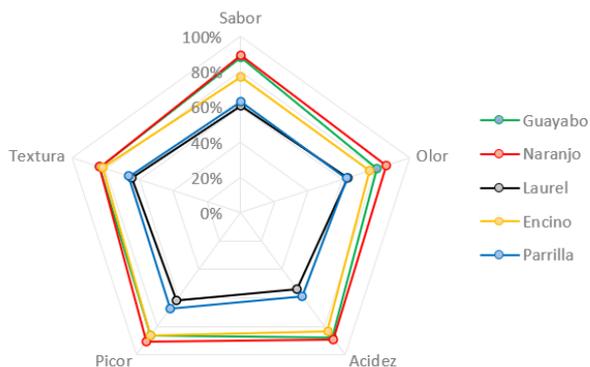


Figura 2. Parámetros sensoriales evaluados

Como se puede observar en la gráfica anterior, la salsa elaborada con madera de guayabo, naranjo y encino presentan mayor aceptación en los parámetros evaluados (cerca del 80% de las personas encuestadas), en contraste con las salsas preparadas con laurel y el control con la parrilla presentan valores muy similares cercanos al 60% de aceptación de cada parámetro.

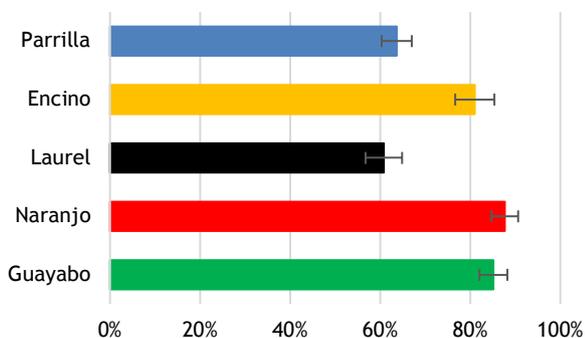


Figura 3. Aceptación general de las salsas evaluadas

Aunado a lo anterior se evaluó la aceptación general de las salsas elaboradas, lo cual se muestra en la figura 3, demostrando como en el caso anterior, que las salsas elaboradas con leña de guayabo, naranjo y encino tienen una aceptación por encima del 80% de la población encuestada mostrando diferencia significativa con respecto a las elaboradas con leña de laurel y el control con parrilla, las cuales tienen una media de aceptación del 60% de aceptación general.

Evaluación de parámetros fisicoquímicos

Las muestras de salsa se analizaron por triplicado el mismo día de su elaboración, manteniéndolas en refrigeración hasta su análisis en el laboratorio de Biotecnología de la UTGZ, evaluando 4 parámetros fisicoquímicos (humedad, pH, sólidos solubles y acidez titulable) bajo las normas antes descritas, los resultados de los análisis se muestran en la figura 4.

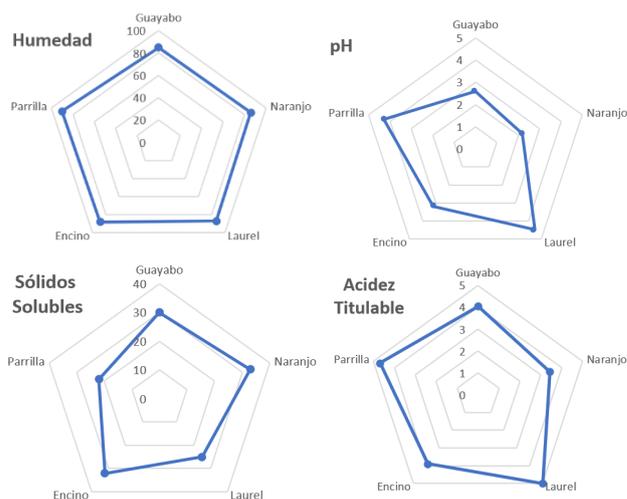


Figura 4. Parámetros fisicoquímicos evaluados

En el caso del parámetro de humedad, se muestran en el conjunto de gráficas anteriores que ninguna de las muestras evaluadas difiere del control, siendo la misma concentración de agua en todas ellas.

La evaluación del parámetro de pH las muestras elaboradas con guayabo, naranjo y encino muestran un pH con valores cercanos a 3 mientras que la muestra de laurel y el control (parrilla) muestran un valor cercano a 4 ± 0.25 , esto puede ser debido a los compuestos que se oxidan en el proceso de tatemado y ahumado.

El factor de sólidos solubles varía entre un 20% al 30%, lo que concuerda con una salsa firme, pero sin ser pastosa, dando valores aceptables según las normas establecidas anteriormente.

El parámetro de acidez titulable, es un parámetro importante, pues con este se determina la madurez del fruto y puede ser correlacionada con la vida de anaquel de un producto, además que también es esencial para asegurar que los productos cumplan con los requisitos normativos y que no representen un riesgo para la seguridad o la salud de los consumidores, en este caso, todas las muestras presentan un valor mayor a 3, que es el valor mínimo que marca la norma para este tipo de preparaciones.

Discusión

La humedad disponible es capaz de propiciar la estabilidad y la vida útil de un producto comestible, por ello es indispensable su determinación (Cortijo y Huguín, 2017), de acuerdo con los resultados obtenidos, todas las muestras presentaron un valor promedio del 85% no habiendo diferencias significativas entre ellas, lo cual concuerda con lo reportado en la literatura, donde la concentración mínima de agua es del 80% al 90% para este tipo de salsas (Cortez, 2021).

El pH es la medida de acidez o alcalinidad de un alimento, un factor determinante para controlar el crecimiento bacteriano (Chavarrías, 2013), de manera general, todas las muestras presentan un valor de pH ácido, existiendo diferencias significativas entre 2 grupos de muestras evaluadas, donde las muestras de guayabo, naranjo y encino obtuvieron valores promedio de pH de 2.8 ± 0.5 , mientras que el grupo de laurel y el control (parrilla) obtuvieron valores por encima de la

norma NMX-F-S-346-1980 la cual establece un valor de 4 como valor máximo de pH para inhibir las toxinas producidas por bacterias patógenas (Zúñiga y Caro, 2017).

De acuerdo a la norma NMX-F-S- 346-1980, las deben superar el 27% de sólidos solubles totales, todas las muestras analizadas se encuentran dentro de los lineamientos establecidos por la norma antes mencionada, al superar el % mínimo de la cantidad de sólidos solubles totales con los cuales aportan consistencia (Najera, 2016)

La acidez indica el contenido en ácidos libres, mientras que esta debe de superar el 2% sin exceder de un máximo de 4% en base al ácido acético, tal como lo establece la norma NMX-F-S-346-1980, de las cinco muestras analizadas, 3 de ellas cumplen con el requisito, tomando en cuenta que los chiles utilizados aumentan el contenido total del ácido por causa del ácido ascórbico (Vega *et al*, 2019).

Conclusiones

Se evaluaron 4 maderas combustibles utilizadas en la cocina tradicional totonaca con la elaboración de salsa verde tatemada para discernir si existe o no alguna diferencia significativa en su preparación.

Se llevó a cabo un análisis sensorial cuantitativo tipo test aplicado a 75 personas, los resultados permitieron definir la aceptabilidad por medio del análisis estadístico, mostrando diferencias significativas entre las muestras.

La evaluación sensorial, dio a conocer la percepción de la población encuestada, teniendo variables como sabor, olor, acidez, picor y textura, logrando la mayor aceptación general al utilizar 3 diferentes tipos de material vegetal combustible (guayabo, naranjo y encino).

Las pruebas fisicoquímicas demostraron que las salsas tatemadas cocidas con leña de guayabo, naranjo y encino presentan parámetros de humedad, pH, sólidos solubles y acidez titulable aceptables dentro de la normatividad marcada, mientras que la muestra donde se utilizó laurel y la muestra control con la parrilla presentan valores inferiores.

Las muestras que obtuvieron una mejor aceptación sensorial, así como valores adecuados en los parámetros fisicoquímicos fueron las de guayabo, naranjo y encino, no mostrando diferencia significativa en ellas, lo cual las hace una muy buena opción en la cocina tradicional totonaca.

Las técnicas y recetas utilizadas en la cocina tradicional se transmiten de generación en generación, logrando que perduren los elementos de la gastronomía mexicana legado por generaciones, como lo es el uso de maderas en la cocina y los métodos de cocción ancestrales.

Contribución de los autores

RME, elaboración de pruebas, análisis y redacción.
JAAB, diseño del trabajo, aplicación de pruebas, análisis y redacción.

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Presentaciones previas

Ninguna.

Referencias

- Almeida, J. y Gallardo, D. (2023). Revisión del proceso de ahumado en la gastronomía ecuatoriana. *Universidad y Sociedad*, 15(S1), 485-490.
- Cortijo, K. y Hoguín, X. (2017). Determinación del tiempo de vida útil de una salsa picante a partir de rocoto (*capsicum pubescens*) y chocho (*lupinus mutabilis*).
- CCGM, Conservatorio de la Cultura Gastronómica Mexicana S.C., Artes de México (2012). *Elogio de la cocina Mexicana. Patrimonio Cultural de la humanidad*. 1ra edición. México: INAH.
- Chavarrias, M. México, Octubre (2013). *Seguridad alimentaria, sociedad y consumo*. <http://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/sociedad-y-consumo.php>.
- Cuevas, A., Vera Y., y Cuevas, J. (2019). Resiliencia y sostenibilidad de agroecosistemas tradicionales de México: Totonacapan. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(1), 165-175.
- Vega, J. C., Cañarejo, M. A., Cabascango, O. N., & Lara, M. V. (2019). Deshidratado de *Physalis peruviana* L. en dos estados de madurez y su efecto sobre el contenido de polifenoles totales, capacidad antioxidante, carotenos, color y ácido ascórbico. *Información tecnológica*, 30(5), 91-100.
- Barreto Rodríguez, G. E. (2021). *Manual de laboratorio nutrición y bromatología. International Standard ISO 8587:2006, Sensory analysis: Methodology: Ranking test, Second Edition*. 21p.
- Nájera, J. (2016). Optimización productiva de una línea de mermeladas de frutilla utilizando el diseño experimental como herramienta de mejoramiento (Master's thesis, PUCE)..
- Márquez, K. (2020). Efecto del ahumado en caliente y con humo líquido sobre la calidad sensorial y grado de aceptación de langostino ahumado.
- Cortez, C. (2021). Elaboración de una salsa picante con aguaje (*Mauritia flexuosa* L. f), ají charapita (*Capsicum frutescens* L.), palillo (*Cúrcuma longa* L.) y evaluación de su estabilidad en almacenamiento.
- Meilgaard, M., Civille, G., Carr, B. (2006). *Sensory Evaluation Techniques*, 4º ed., CRC Press, Inc. 464p.
- Muñoz, R. «Tatamar» (2020). *Diccionario enciclopédico de la Gastronomía Mexicana*. Larousse Cocina, México.
- Fernández, R. (2022). Análisis del molcajete y los sabores que aporta a los platillos de la gastronomía mexicana. Universidad de América Latina plantel Teziutlán. Secretaría de Educación.
- NMX-F-102-S-1978. Dirección general de normas México, 1978 "Determinación de la acidez titulable en productos elaborados a partir de frutas y hortalizas. <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-102-S1978.PDF>.
- NMX-F-103-1982. Dirección general de normas, México 1982 "Alimentos. Frutas y derivados. Determinación de grados Brix". <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-103-1982.PDF>.
- Osorio, M. (2018). *Técnicas modernas en el análisis sensorial de los alimentos*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Ríos, R. E., Ramírez, M. M. V., & Sánchez, A. M. (2021). Analysis of the tourist culture and benefits for tourism in the magic town of Comonfort, Guanajuato, Mexico. *Journal of Tourism and Heritage Research*, 4(1), 49-68.
- Sánchez, R. (2006). *Conversación en la cocina*. Gastronomía

- Mexiquense. Toluca: Gobierno del estado de México.
19. Sandoval-Ruiz, C., & Ruiz-Díaz, E. (2018). Eco-Innovación en Ingeniería de Alimentos Sostenible aplicando técnicas Inteligentes de Eficiencia Energética-EcoSVeg. *Universidad Ciencia y Tecnología*, 22(87), 13-13.
 20. Zúñiga, I. y Caro, J. (2017). Enfermedades transmitidas por los alimentos: una mirada puntual para el personal de salud. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología*, 37(3), 95-104.
 21. UNESCO (2010). La cocina tradicional mexicana, cultura comunitaria, ancestral y viva -El paradigma de Michoacán. México: UNESCO.



ARTÍCULO DE REVISIÓN

Nueva justicia laboral con un enfoque al T-MEC

Santos Israel Muñoz-López¹

¹ Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz, México.

Recepción 15 de noviembre de 2023. Aceptación 29 de noviembre de 2023

PALABRAS CLAVE

Tratado internacional, libertad sindical, centro de conciliación, reforma laboral.

Resumen

En Febrero del 2017 se realizó una reforma constitucional que adopta diversos principios de negociación colectiva y libertad sindical además de incluir un nuevo modelo de justicia laboral. En el ámbito de la implementación del nuevo tratado de libre comercio denominado T-MEC (Tratado México, EUA y Canadá) se debe considerar como un instrumento internacional que sirva de apoyo al poder ejecutivo y al congreso federal mexicano para la propuesta e implementación de una nueva reforma laboral. El objetivo del presente trabajo es justificar las reformas a la Ley Federal del trabajo con apego al T-MEC en los aspectos de: Privilegiar la conciliación, impartición de la nueva justicia laboral y la libertad sindical. Se analizaron autores y sus perspectivas sobre la implementación de los centros de conciliación y registro laboral, la efectividad de la conciliación al momento de resolver un conflicto entre el sector laboral y la empresa, la creación de los centros de conciliación y el registro laboral. Con la implementación de una institución independiente y centralizada para el registro de sindicatos y convenios colectivos, un tribunal laboral independiente y nuevas regulaciones sobre los procedimientos que garanticen el derecho de los trabajadores a ser representados por un sindicato de su libre elección y ratificar sus convenios colectivos, para que los trabajadores mexicanos puedan defender sus derechos y privilegiar la conciliación.

Correspondencia: Santos Israel Muñoz López. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, P.E. Contaduría y OCI, Gutiérrez Zamora, Veracruz, México, correo electrónico: santos_d@utgz.edu.mx

KEYWORDS**Abstract**

In February 2017, a constitutional reform was carried out that adopts various principles of collective bargaining and freedom of association in addition to including a new model of labor justice. In the scope of the implementation of the new free trade agreement called T-MEC (Mexico, USA and Canada Treaty) it should be considered as an international instrument that serves as support to the executive branch and the Mexican federal congress for the proposal and implementation of a new labor reform. The objective of this work is to justify the reforms to the Federal Labor Law in accordance with the T-MEC in the aspects of: Privileging conciliation, delivery of the new labor justice and freedom of association. Authors and their perspectives on the implementation of conciliation and labor registration centers, the effectiveness of conciliation when resolving a conflict between the labor sector and the company, the creation of conciliation centers and labor registration were analyzed. With the implementation of an independent and centralized institution for the registration of unions and collective agreements, an independent labor court and new regulations on procedures that guarantee the right of workers to be represented by a union of their free choice and to ratify their collective agreements, so that Mexican workers can defend their rights and prioritize conciliation.

Introducción

Se define como T-MEC al nuevo acuerdo comercial entre México, Canadá y Estados Unidos (USMCA/CUSMA por sus siglas en inglés) y dicho tratado internacional sustituye al TLCAN (Tratado de Libre Comercio de América del Norte).

En el marco de la firma del T-MEC en fecha 30 de Noviembre de 2018 los exmandatarios Enrique Peña Nieto (México) y Donal Trump (EUA) signaron dicho tratado de Libre Comercio, lo anterior ayudó a que México impulsara e implementara un amplio proyecto de ley de reforma laboral que incluía una transformación completa de las instituciones y sus relaciones laborales, debido a las constantes denuncias por las violaciones a sus derechos sindicales ante instancias internacionales como la OIT (Organización Internacional del Trabajo) (S.E,2022).

El 23 de enero de 2017, Donald Trump, inmediatamente después de asumir la presidencia, firmó una orden ejecutiva para retirar a Estados Unidos del TTP al considerar que dicho acuerdo comercial era un desastre económico potencial para el país y dañaría al sector manufacturero, el ex mandatario Donald Trump ante intimidaciones amenazó con abandonar el TLCAN y diseñó como estrategia un movimiento proteccionista para que el capital se quedara en Estados Unidos y no viniera a México (TTP,2018).

Una vez expuesto, la política proteccionista en el T-MEC se puede mencionar que está enfocada a proteger el mercado de EU en especial el sector manufacturero y automotriz, los países agremiados implementaron el concepto denominado Valor de Contenido Laboral, el cual consta que la plantilla laboral debe de ser mínimo 40% de los países que forman parte de este tratado.

Las reformas a los artículos 123 apartado A Constitucional y 107 de la Ley de Amparo publicadas en el Diario Oficial de la

Federación se considera muy importante pues era deseada y necesaria de acuerdo con el contexto nacional en materia de justicia laboral. Los cambios previstos en la reforma constitucional obligan a que los tribunales laborales y organismos laborales de conciliación y registro sindical, deberían estar funcionando el 24 de febrero de 2018. Además, está en trámite legislativo, toda la aprobación, armonización, así como la entrada en vigencia que toda esta legislación secundaria matizada, secundada y consensada parcialmente por los actores del mundo del trabajo, como son sindicatos, poder judicial, dependencias públicas, gremios, empresarios, litigantes, apoderados y sectores involucrados que generan empleo por lo menos formal en sentido amplio, así como la instrumentación legal de las leyes secundarias que, por hoy, mediante iniciativas diversas, se encuentran en el trámite ante el poder legislativo, sin que se avizore que será una uniformidad nacional, ya que están en esa integración solo 10 Estados del país al mes de febrero 2020, han diseñado esquemas de implementación para el mes octubre (Camacho, 2022).

El párrafo que antecede brinda parte del fundamento legal diseñado por el congreso de México para adaptar nuestra ley en la materia, sin embargo, es importante señalar que lo anterior busca que los trabajadores mexicanos tengan las mismas posibilidades que un trabajador de EUA, o Canadá, y lo anterior se vio reflejado en el aumento del salario mínimo, muchos dirían que fue buena esta acción sin embargo existe un trasfondo y este se ve reflejado en las acciones proteccionistas del expresidente de EUA al querer evitar que se siga con un fenómeno llamado migración, con el aumento al salario se pretende que este tenga un poder adquisitivo mayor y evitar la desigualdad social.

Ahora bien, es importante señalar que unos de los requerimientos del T-MEC. es la administración de una justicia laboral, libertad sindical y para esto fue incluido un instrumento o mecanismo laboral de respuesta rápida en instalaciones específicas (MLRR) para la solución de

problemas a nivel individual y colectivo (Vázquez, 2022).

Posteriormente se estudia el Panel laboral general y el MLRR en instalaciones específicas previsto en el T-MEC y finalmente se examinan los cinco agregados la-borales adscritos a la embajada o al consulado de Estados Unidos en México, creados en la USMCA (Saldaña, 2021).

Ambos autores mencionados en párrafos anteriores coinciden en la necesidad de implementar nuevos procesos en el instrumento internacional analizado a efecto de garantizar derechos y obligaciones de los países signantes, entre los que destaca lo siguiente: derechos laborales, no derogación de la LFT en su totalidad, aplicación de leyes adaptadas al capítulo 23 del T-MEC, eliminación de violencia contra trabajadores, erradicación de trabajo forzoso y obligatorio, trabajadores migrantes, no discriminación, la conciliación como principal medio.

Las disposiciones laborales del T-MEC exigen la creación de instituciones clave financiadas por el gobierno de Estados Unidos y, sobre todo, México. Los asuntos relacionados con la implementación de la reforma laboral de México de 2019, la cual incorpora diversos elementos novedosos en torno a procesos de ratificación de contratos colectivos de trabajo y titularidad sindical, en la cual se prioriza el ejercicio de votación libre y secreto, ahora es oficio del Representante Comercial de Estados Unidos (United States Trade Representative, -USTR), afirma el gobierno de EUA que tiene el poder de monitorear los derechos laborales de México, lo que permite que el USTR actúe sin el consentimiento de México. Irónicamente, sindicatos de EUA están abogando por un “salario digno” para los obreros mexicanos para evitar o disminuir la desindustrialización. La imposición desde afuera de un mejoramiento en los salarios miserables es algo inimaginable para la oligarquía mexicana y las empresas transnacionales de EU con fábricas y minas en México (Cyphe, 2021).

Eliminación de las juntas de conciliación

Las juntas tienen su fundamento en nuestra carta magna en el cardinal 123 fracción XX que reza de la siguiente manera.

Las diferencias o los conflictos entre el capital y el trabajo se sujetarán a la decisión de una junta de conciliación y arbitraje, formada por igual número de representantes de los obreros y de los patronos, y uno del gobierno (Constitución, 2022).

Las juntas laborales presentan una inconformidad doctrinal, debido a que estas instituciones surge cuando el más alto tribunal a través de la jurisprudencia, les fija características y elementos que ella considera como indispensables para el legal funcionamiento de las juntas, actuando como fuente de derecho, debiendo ser el Poder Legislativo el que previera la estructura, organización, naturaleza y atribuciones de los recientes tribunales laborales, sin embargo, las juntas de Conciliación y Arbitraje tiene el atributo de autonomía,

esencialmente por cuatro razones: En primer lugar, por estar legalmente facultada para expedir su propio reglamento interior; en segundo lugar, por tener plena jurisdicción para emitir sus resoluciones, en tercer lugar, por tener imperio para ejecutarlas. Las bases legales del mencionado atributo, se encuentran en la Ley Federal del Trabajo.

Uno de los problemas que presentaban las juntas de conciliación estatal y federal eran el exceso de tiempo para dictar un laudo, posteriormente y en el marco de las negociaciones del T-MEC. México se vio en la necesidad de implementar una reforma a la ley federal del trabajo en 2019, en la que el eje central fue el cierre de estas autoridades laborales y a partir del 3 de octubre a primera hora, las Juntas de Conciliación y Arbitraje cerraron sus puertas y dejaron de recibir cualquier clase de trámite en todo México, sin embargo, es importante señalar que deben de resolver todos los juicios pendientes (Secretaría de Trabajo y Previsión Social, 2022).

Nacimiento de los centros de conciliación

Ante las notables demandas sociales, al verse incrementado el rezago de expedientes en las Juntas de Conciliación y Arbitraje, y respecto a los retos económicos que afrontaba México en el año 2016 con las campañas presidenciales que acontecían en los Estados Unidos de América y ante la profunda amenaza que representaba el republicano Donald Trump de ganar las elecciones y cancelar el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), el expresidente Enrique Peña Nieto en fecha 28 de abril de 2016 envía una iniciativa con proyecto de Decreto con el cual propone reformar y adicionar diversas disposiciones al artículo 123 de la CPEUM (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos), dando como consecuencia que en fecha 30 de Noviembre de 2022 mediante una publicación en el DOF se ordene suprimir las juntas de conciliación (DOF, 2022).

La STPS (Secretaría de Trabajo y Previsión Social) argumenta que una vez establecidas las reformas laborales del año 2019 en fecha 6 de enero del año 2020, los diputados y senadores expiden en el DOF (Diario Oficial de la Federación) la ley denominada Ley Orgánica del Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral, a nivel nacional el 3 de octubre de 2022 entró en vigor la tercera etapa del nuevo modelo de justicia laboral en México. De esta manera, en las entidades federativas de Chihuahua, Ciudad de México, Coahuila, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Sinaloa, Sonora, Tamaulipas y Yucatán, comenzaron operaciones los centros de conciliación locales y federal, así como los tribunales laborales federal y locales.

Una de las principales características más representativas de los centros de conciliación es la aplicación de mecanismos de solución de conflictos entre las que destaca la conciliación, la cual se identifica como un mecanismo de solución consensuada, soportada en los principios de acceso a la justicia y autonomía de la voluntad de las partes que, con ayuda de un tercero imparcial y cualificado que se denomina

conciliador (López, 2019).

La conciliación como una etapa prejudicial y obligatoria antes de acceder al juicio ante los tribunales laborales se encuentra fundamentado en los artículos 684 A, 684 B, 684 C, 684 D, 684 e de la ley en la materia (LFT, 2019).

Ante la creación de los centros de conciliación y registro laboral ya sea de ámbito Estatal o Federal cobran su principal importancia pues antes de que las partes decidan acudir ante un tribunal laboral del poder judicial, deberán agotar una etapa prejudicial también denominada instancia conciliatoria (Salas, 2021).

Los legisladores se vieron en la necesidad de proponer e implementar el fundamento legal de los centros de conciliación y registro laboral, lo anterior tiene fundamento legal en el artículo 590 F de la Ley Federal del Trabajo que a la letra dice: Los Centros de Conciliación de las Entidades Federativas y de la Ciudad de México, encargados de la conciliación previa a la demanda jurisdiccional en el orden local, establecidos en el apartado A del artículo 123, fracción XX, párrafo segundo de la Constitución, se integrarán y funcionarán en los términos que determinen las leyes locales (LFT, 2019).

Los centros de conciliación tienen la función de conciliar, en caso de no suceder, dicho organismo emite la constancia de no conciliación tal como se hace constar en la tesis aislada número 2027076 sustanciada por los tribunales colegiados de circuito que a la letra reza.

Constancia de conciliación prejudicial. El tribunal laboral carece de facultades para calificar su legalidad con motivo de la competencia por razón de fuero (local o federal) del organismo que la expidió.

Hechos: Una trabajadora promovió juicio contra una persona moral de quien reclamó su reinstalación, así como el pago de prestaciones accesorias y otras autónomas, con motivo del despido injustificado del que dijo fue objeto. En atención al artículo 872, apartado B, fracción I, de la Ley Federal del Trabajo, adjuntó a su demanda una constancia de no conciliación expedida por el Centro de Conciliación Laboral del Estado de Jalisco.

El Tribunal Laboral Federal de Asuntos Individuales al que correspondió conocer del asunto previno a la actora, entre otras cuestiones, para que exhibiera la constancia con la que acreditara que agotó el procedimiento de conciliación prejudicial en el Centro Federal de Conciliación y Registro Laboral.

Ante su incumplimiento, ordenó remitir el expediente al aludido centro federal para que se agotara la fase conciliatoria prejudicial; por ende, no admitió la demanda laboral y dejó a salvo los derechos de la operaria para que, una vez colmada la instancia conciliatoria

prejudicial en el orden federal, los hiciera valer en la vía judicial correspondiente.

Criterio jurídico: Este Tribunal Colegiado de Circuito determina que el Tribunal Laboral carece de facultades para calificar la legalidad de la constancia de conciliación prejudicial, con motivo de la competencia por razón de fuero (local o federal) del organismo que la expidió.

Justificación: Es así, porque el procedimiento de conciliación prejudicial constituye un mecanismo alternativo de solución de conflictos con plena vigencia y trascendencia, y la constancia relativa es la evidencia concreta de que se dio a las partes la posibilidad de acceder a un dispositivo de justicia alternativo de solución del conflicto laboral. Además, de aceptarse que el Tribunal Laboral tiene facultad para examinar la legalidad de las actuaciones del organismo de conciliación con motivo de la competencia de éste, se contravendría el principio de celeridad del nuevo sistema de justicia laboral, que busca la tramitación y resolución con rapidez o prontitud, con la finalidad de otorgar una tutela expedita a los derechos reclamados.

De ese modo, lo actuado ante el Centro de Conciliación no puede servir de obstáculo para la tramitación del juicio correspondiente, menos si se tiene en consideración que, de acuerdo con el artículo 685 de la legislación obrera, el procedimiento laboral debe ser predominantemente oral y conciliatorio, por lo que las partes se encuentran en aptitud de conciliar en cualquier etapa del juicio. A lo anterior se añade que, de conformidad con el propio artículo 685 debe privilegiarse la finalidad de la conciliación sobre los formalismos procedimentales, por lo que basta que se haya obtenido una constancia de no conciliación expedida por un organismo de conciliación, para que se tenga por solventado el requisito del artículo 872, apartado B, fracción I, referido. (Seminario de la Federación, 2023).

Los centros pueden emitir la constancia de conciliación, no conciliación o en su momento celebrar convenio y dar por terminado el problema entre el patrón y el trabajador, sin embargo, para lograr una correcta conciliación los centros de conciliación deben de tener acceso a herramientas de naturaleza electrónica que garanticen que los procedimientos sean ágiles y efectivos, sin dejar de lado el gran papel del conciliador, ya que sus habilidades serán fundamentales para una correcta aplicación de la reforma laboral (Domínguez, 2022).

T-MEC. capítulo 23, reforma de la nueva ley federal del trabajo.

El capítulo 23.1 del T-MEC. aborda los siguientes temas:

- (a) La libertad de asociación y el reconocimiento efectivo del derecho a la negociación colectiva;
- (b) Eliminación de todas las formas de trabajo forzoso u obligatorio;
- (c) Abolición efectiva del trabajo infantil, la prohibición de

las peores formas de trabajo infantil y otras protecciones laborales para niños y menores;

(d) Eliminación de la discriminación en materia de empleo y ocupación; y (e) condiciones aceptables de trabajo respecto a salarios mínimos, 1 hora de trabajo, y seguridad y salud en el trabajo.

Bureau of International Labor Affairs (Oficina de Asuntos Laborales Internacionales) señala en su página oficial lo siguiente “El T-MEC tiene las disposiciones laborales más sólidas de cualquier tratado comercial de los Estados Unidos. Además de las solicitudes en virtud del capítulo Laboral, el tratado incluye el innovador Mecanismo Laboral de Respuesta Rápida (RRM) para instalaciones específicas, que permite al Gobierno de los Estados Unidos emprender acciones de aplicación acelerada contra fábricas particulares que parezcan estar denegando a los trabajadores el derecho a la libertad de asociación y a la negociación colectiva en virtud de la legislación mexicana (Bureau of International Labor Affairs, 2022).

Tratados Internacionales del trabajo y la libertad sindical en México.

Al momento de redactar el capítulo 23.1 del T-MEC los Estados participantes se vieron en la necesidad de tomar como precedentes de la OIT (Organización Internacional del Trabajo) y lo podemos definir como un organismo especializado de las Naciones Unidas que se ocupa de los asuntos relativos al trabajo y las relaciones laborales. Y uno de los convenios utilizados de la OIT para la redacción del T-MEC., es el convenio 87 y este a su vez habla sobre la libertad sindical la cual se encuentra plasmada en la constitución de la referida institución gubernamental (OIT, 2023).

La libertad sindical se vio protegida en la ley federal del trabajo y se ve reflejado en los siguientes cardinales:

Artículo 390 Bis. Se establece un procedimiento para garantizar que el sindicato que solicite negociar un contrato colectivo cuente con el respaldo de la mayoría de los trabajadores.

- Artículo 390 Ter. Se establece un procedimiento para garantizar que los trabajadores conozcan y aprueben el contenido de los acuerdos negociados por su sindicato previo a que éste sea depositado y entre en vigor (LFT, 2019).

Las negociaciones del T-MEC en el aspecto sindical se vio reflejado el conflicto entre el modelo productivo en GM-Silao y sus relaciones laborales, cuestión que permitió introducir el apartado de resultados donde se expone el proceso de legitimación del CCT (Contrato Colectivo de Trabajo) que provocó la pérdida del monopolio representacional que asumía el “Sindicato Miguel Trujillo López” (SMTL) perteneciente a la Confederación de Trabajadores de México (CTM) (Juárez, 2022).

Las relaciones subordinadas y la correlación en el T-MEC y las reformas laborales: fueron para favorecer una relación más

envolvente y subordinada de la economía de México específicamente a la de Estados Unidos. Bajo esta hipótesis el propósito de este trabajo es analizar los primeros resultados en la impartición de justicia laboral, la libertad sindical (Ruiz, 2022).

Conclusiones

El T-MEC reemplaza al TLCAN en el ámbito del intercambio de comercio exterior y en un contexto secundario en México el T-MEC presionó al Estado mexicano adoptar nuevos mecanismos y procedimientos incluidos en la reforma laboral mexicana, dichas reformas podrían ayudar a facilitar la protección y la aplicación de los derechos laborales en el país. El capítulo laboral del T-MEC, el Protocolo y el Anexo 23-A refuerzan las obligaciones de México de establecer una forma de administrar la justicia laboral y la defensa de los derechos sindicales.

Una vez signado el tratado en referencia se analizó la eliminación de las juntas de conciliación y arbitraje debido a la inoperante aplicación de la justicia laboral, dicha problemática, las juntas de conciliación y Arbitraje presentaron otro problema que eran uniinstanciales, es decir, no admitían recurso alguno, ni impugnación ni apelación, sino que los laudos o cualquier acto de la autoridad laboral solo es atacable mediante el amparo directo, toda vez que no existe una jerarquía vertical en la autoridad laboral, y el Estado debe garantizar el sostenimiento de la autonomía de la función jurisdiccional en materia del trabajo y, por ende, favorecer a la celeridad del procedimiento.

Una vez eliminada dicha institución administrativa el Estado con apego al T-MEC determina la implementación de los centros de conciliación y registro laboral y los tribunales laborales, dichas instituciones tienen autonomía y deben de garantizar los procedimientos que den el derecho a las trabajadoras(es) a una justicia laboral expedita y con lo anterior lograr lo establecido en el cardinal 17 de la carta magna.

El T-MEC. busca mejorar la integración económica entre México, EUA, Canadá, y adaptar la legislación nacional en materia del trabajo para una mejor defensa de los derechos laborales y con lo anterior evitar la migración al país del norte. Las reformas laborales buscan defender la libertad sindical y mejorar las relaciones entre la parte empresarial y el trabajador, con el firme propósito de mejorar la productividad y la economía del país. Es importante señalar que la presente obra ayudará al lector a detallar un correcto análisis de la importancia del nuevo sistema de justicia laboral y sobre todo la importancia de los centros de conciliación y registro laboral ya que estos organismos tienen la función primordial de conciliar antes de llegar al litigio en los tribunales laborales.

En México se implementan los centros de conciliación y estos

tienen el objetivo de priorizar la conciliación, dichos organismos tienen su esencia en los medios o mecanismos alternativos de solución de controversias (MASC) son aquellos mecanismos que tienen por objeto solucionar los conflictos existentes entre las partes involucradas, de forma directa o a través del nombramiento de un tercero, que puede ser un mediador, el conciliador o el árbitro que coadyuve en la solución alterna de los conflictos.

La implementación del T-MEC en el ámbito comercial adquiere importancia por el intercambio de mercancías, sin embargo, en el aspecto laboral obligó al Estado mexicano a diseñar reformas enfocadas al aumento de salario mínimo, propuesta de la reforma de la reducción de la jornada laboral (Debate en el congreso), aumento de prestaciones en especial al aguinaldo, protección a la mano de obra local, todo lo anterior buscando reducir la desigualdad social y salarial. El T-MEC busca que el Estado implemente políticas enfocadas al sector social y económico.

Los autores analizados en el presente artículo coinciden en la necesidad de implementar nuevos procesos para la aplicación de la justicia laboral, libertad sindical, procesos de solución de controversias entre la parte patronal y la fuerza laboral, privilegiando la conciliación. Una correcta aplicación de los nuevos mecanismos ya mencionados ayudará a mejorar la impartición de justicia laboral y evitar malas prácticas de las juntas de conciliación al momento de resolver juicios.

Contribución de los autores

SIML, análisis y redacción.

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses.

Presentaciones previas

Ninguna.

Referencias

- Mansur, C. A. (2003). Mediación y conciliación en México: dos vías alternativas de solución de conflictos a considerar. Porrúa.
- Bureau of International Labor Affairs. (s/f). Recuperado de <https://www.dol.gov/agencies/ilab/our-work/trade/labor-rights-usmca>
- Camacho J. I. (2022). El sistema de justicia laboral en México. Universidad Autónoma de Chiapas.
- Castellanos M. de L. (2022). libertad sindical en México. aplicación de los convenios 87 y 98 de la oit en relación con las obligaciones derivadas del t-mec. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8654371>
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, McGraw Hill, México, 2004.
- Cuadra J. G. (2002). Medios alternativos de resolución de conflictos como solución complementaria de administración de justicia. Recuperado de: <https://ciarglobal.com/la-solucion-de-controversias-en-materia-laboral-en-el-t-mec/>
- Cruz O. (2020). La Solución de controversias en materia laboral en el Tratado entre los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América y Canadá, Instituto de Investigaciones Jurídicas de la UNAM, Opiniones técnicas sobre temas de relevancia nacional, núm. 18.
- Cypher J. M. (2021) Reestructuración laboral en México frente al T-MEC. Vol. 14 No. 39.
- Domínguez V. M. (2022). La conciliación en el nuevo modelo de justicia laboral. México. Recuperado de <https://revistainvestigacionacademicasinfrontera.unison.mx/index.php/RDIASF/article/view/470/507>
- Haddad P. H. (2022). Nuevo modelo de justicia laboral en México: A un año de su implementación. Perfiles De Las Ciencias Sociales, (Especial). Recuperado a partir de <https://revistas.ujat.mx/index.php/perfiles/article/view/5209>
- Jiménez M. (2003). La constitución general de los estados unidos mexicanos y las juntas de conciliación y arbitraje. México. Recuperado de <https://archivos.juridicas.unam.mx/www/bjv/libros/3/1165/15.pdf>
- Juárez. B. (2021). El conflicto laboral nacional que se resolvió desde el plano internacional. México. Recuperado de <https://www.economista.com.mx/capitalhumano/Silao-el-conflicto-laboral-nacional-que-se-resolvio-desde-el-plano-internacional-20210708-0143.html>
- Ley Federal del Trabajo, [L.F.T.], Reformada, Diario Oficial de la Federación [D.O.F.], 18 de mayo de 2022, (México).
- López A. (2019). Calidad en proceso conciliatorio del Centro de Conciliación Americana. Recuperado de <https://www.redalyc.org/journal/290/29058864012/29058864012.pdf>
- Morales J. A. (2023). Nuevo sistema de justicia laboral mexicano: el antes y el después de la reforma 2019. Querétaro, México. Recuperado de <https://latam.redilat.org/index.php/lt/article/view/1305/1631>
- Organización Internacional del Trabajo. (2023). Preguntas y respuestas sobre las empresas y la libertad sindical y de asociación. Internacional. Organización Internacional del Trabajo Recuperado de https://www.ilo.org/empent/areas/business-helpdesk/faqs/WCMS_152375/lang-es/index.htm#:~:text=Supone%20el%20respeto%20del%20derecho,toda%20libertad%20y%20sin%20injerencia.
- Reynoso C. (s/f). La justicia laboral, retos y reflexiones. México. Sin nombre Recuperado de <https://www.corteidh.or.cr/tablas/r30567.pdf>
- Salas A.P. (2021). El Reto de los Nuevos Centros de Conciliación en Materia Laboral. Recuperado de <https://forojuridico.mx/el-reto-de-los-nuevos-centros-de-conciliacion-en-materia-laboral/>
- Saldaña J. M. (2021) Panel laboral general y mecanismo laboral de respuesta rápida en instalaciones específicas del T-MEC. Revista especializada en investigación jurídica. Año 5, núm. 9.
- Secretaría de Economía. (2023). Se firma el Tratado entre México, Estados Unidos y Canadá (T-MEC). México. Secretaría de Economía Recuperado de <https://www.gob.mx/se/articulos/se-firma-el-tratado-entre-mexico-estados-unidos-y-canada-t-mec>
- Secretaría de Gobernación. (2022). Acuerdo por el que se suprimen y determinan competencias territoriales de las Juntas Especiales de la Junta Federal de Conciliación y Arbitraje que se indican. México. Diario Oficial de la Federación Recuperado de

- https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5672867&fecha=30/11/2022#gsc.tab=0
22. Gaceta del Semanario Judicial de la Federación. Libro 29, Septiembre de 2023, Tomo V, página 5380
 23. Sosa J. F. (2023). La necesidad de convertir las juntas de conciliación y arbitraje en juzgados laborales. Sinaloa. Recuperado de <https://revistas.uas.edu.mx/index.php/JUS/article/view/96/105>
 24. Trans-Pacific Partnership. (2015) Recuperado de: https://www.sice.oas.org/tpd/tpp/tpp_s.asp
 25. Vázquez M. A. (2022). T- MEC- UMSCA: saldos, a dos años de vigencia. México. Revistas Unison Recuperado de <https://indiciales.unison.mx/index.php/Indicial/article/view/40/4>



ARTÍCULO ORIGINAL

Formulación y evaluación de una salsa en polvo enriquecida con cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L.)

Dalia Arteaga-Hernández^{1*}, Ingrid Arumi García-Ramírez¹, María de Jesús León-Salazar¹, Evelyn Rubí Limón-Martínez¹, Raúl Alejandro Limón-Hernández, Iriana Hernández-Martínez

¹ Ingeniería en Procesos Químicos. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz, México.

Recepción 16 de octubre de 2023. Aceptación 30 de noviembre de 2023.

PALABRAS CLAVE

Cáscara de naranja, salsa en polvo, harina.

Resumen

Los residuos orgánicos representan un reto pues generan contaminaciones ambientales importantes. La industria citrícola juega un papel importante, pues los residuos de la naranja pueden representar hasta un 60 % de la producción. La cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L.) puede ser utilizada como una fuente de nutrientes y aditivos dentro de los procesos alimentarios. Es por ello, que se propone realizar la elaboración y caracterización de salsa en polvo adicionada con harina de cáscara de naranja (*Citrus sinensis* L.) para brindarle un valor agregado a este desecho. Para ello se elaboraron formulaciones de salsa en polvo con diferentes porcentajes de cáscara de naranja, quienes fueron evaluadas sensorialmente y caracterizadas fisicoquímicamente. Obteniendo que la salsa en polvo con un contenido de 25% harina de naranja fue la más aceptada. Esta salsa tiene un pH de 3.34 ± 0 , una acidez titulable de 0.755 ± 0.025 , una densidad de 0.479 ± 0.013 , un contenido de minerales de 5.65 ± 0.75 % y un contenido de fibra cruda de 15.17 ± 0.23 %. Con ello se demuestra la viabilidad de adición de este tipo de desechos a productos alimentarios, brindándoles un valor agregado y disminuyendo los impactos ambientales por su desecho.

Correspondencia: Dalia Arteaga Hernández. Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, P.E. Ingeniería en Procesos Químicos, Gutiérrez Zamora, Veracruz, México, correo electrónico: 20610306@utgz.edu.mx

Abstract

KEYWORDS

Orange peel, sauce powder, flour.

Organic waste represents a challenge as it generates significant environmental contamination. The citrus industry plays a significant role since orange waste can represent up to 60% of production. Orange peel (*Citrus x sinensis*) could be used as a source of nutrients and additives in the food industry. For this reason, the general objective was to prepare and characterize powdered sauce added with orange peel flour (*Citrus x sinensis*) to provide added value to this waste. For this, powdered sauce formulations were prepared with different percentages of orange peel, which were sensory evaluated and physicochemical characterization. Obtaining that the powdered sauce with a content of 25% orange flour was the most accepted. This sauce has a pH of 3.34 ± 0 , a titratable acidity of 0.755 ± 0.025 , a density of 0.479 ± 0.013 , ashes of $5.65 \pm 0.75\%$, and a crude fiber content of $15.17 \pm 0.23\%$. This demonstrates the feasibility of adding this type of waste to food products, providing them with added value and reducing the environmental impacts of their disposal.

Introducción

La naranja es una fruta cítrica, comestible, de forma redonda, cáscara gruesa y rugosa y pulpa dividida en gajos, agrídulce y muy jugosa. El naranjo, tanto dulce como amargo, es de la familia de las Rutáceas, género *Citrus*, especie *Citrus sinensis* (MAPA, 2023). La producción de este cítrico se recomienda en temperaturas entre 15 y 29 grados, sin embargo, la producción de naranja Valencia puede ocurrir en otras condiciones climáticas, siempre y cuando se dé el tratamiento necesario (Citrofrut, 2023).

Según la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2016), la citricultura se realiza en poco más de medio millón de hectáreas en regiones de clima tropical y subtropical en más de 23 entidades federativas de la República Mexicana. De esa superficie, aproximadamente el 80% se destina a los cítricos dulces como la naranja, toronja y mandarina, cuya producción en toneladas se concentra en el estado de Veracruz.

México ocupa el cuarto lugar en el mundo en producción de naranja Valencia, solo superado por Estados Unidos, China y Brasil. La producción anual de naranja es de 4.2 millones de toneladas por año, con un 44.5 % proveniente de Veracruz (Citrofrut, 2023, SAGARPA, 2017).

Veracruz destaca a nivel nacional en la producción de naranjas, superando las dos mil toneladas (SAGARPA, 2016). Del total de esta producción, el 97% se destina al mercado interno, mientras que el 3% restante se orienta hacia la industria alimentaria. Entre los productos derivados, los más prominentes incluyen jugo de naranja, mermeladas, zumos y néctares.

Sin embargo, persiste un residuo significativo del 45% al 60%, compuesto por cáscara, bagazo y semillas, que tiene una utilidad limitada en los procesos alimentarios (Sáenz *et al.*, 2007). Estos residuos, en su presentación deshidratada, contienen altos niveles de fibras que proporcionan aceites esenciales utilizados en la perfumería, así como abono orgánico y pectinas, aunque a veces se emplean para la creación de subproductos alimenticios que aprovechen sus propiedades beneficiosas para la salud (González, 2007).

En respuesta a esta situación, se plantea la elaboración de un producto a base de polvo de cáscara de naranja para aprovechar al máximo los recursos naturales disponibles. La propuesta busca evitar el desperdicio de alguna parte de la naranja, utilizando tanto la pulpa como la cáscara en la formulación de un producto en polvo. Este enfoque resulta en la creación de una salsa en polvo a base de cáscara de naranja. Al aprovechar la cáscara de naranja, se añade valor a un subproducto que de otra manera se descartaría, contribuyendo así a la sostenibilidad y promoviendo una economía circular.

Las salsas en polvo, son creadas a partir de chiles deshidratados molidos, mezclados con especias o condimentos para dar un mejor sabor, olor, color y textura a este producto. De acuerdo al sabor que se tenga como objetivo. Además, que se les agrega algún tipo de aditivo alimentario. Los chiles que se pueden emplear son guajillo, chile piquín, chile de árbol, chipotle, morita o chile ancho, entre otras variedades de chiles que pueden procesarse para obtener una harina de este. Las especias y condimentos que pueden emplearse son ajo en polvo, cebolla en polvo, orégano, cilantro entre otros que puedan intensificar el olor, sabor y aroma. En este caso se emplea la harina de cáscara de naranja para darle un sabor innovador a una salsa en polvo.

Aditivos alimentarios que son empleados en proporciones adecuadas y bajo las normas correspondientes. Sirven para potencializar el sabor, mejorar el proceso de elaboración y ayudar a su conservación, sin quitar los nutrientes o beneficios que los demás ingredientes puedan añadir (CODEX STAN 192-1995). Algunos tipos de salsa en polvo más reconocidas son las siguientes:

Salsa en polvo Tajín® contiene una mezcla de chiles, sal marina y zumo deshidratado de limón, además de corrector de acidez E-330 -ácido cítrico- y antiapelmazante E-551, aditivos habituales en este tipo de productos. Salsa en polvo Valentina® contiene sal yodada, chile en polvo, ácido cítrico, especias, dextrosa, antiaglomerante E-552 y aroma natural. Salsa en polvo La Anita® contiene chile seco, sal, ácido cítrico, azúcares añadidos (azúcar), limón deshidratado, antiapelmazante E-551.

Entre los principales beneficios de la cáscara de la naranja se destaca que favorece la digestión, combate las infecciones,

reduce el colesterol, ayuda a perder peso, sirve como desodorante o ambientador natural, etc. También es una fuente importante de fibra dietética y antioxidante. Siendo la harina de cáscara de naranja una alternativa como alimento funcional (Chaparro, *et al.* 2013).

Material y métodos

La formulación de la salsa en polvo adicionada con cáscara de naranja se guió mediante una metodología que involucra el uso de diversos equipos: horno de secado, balanza gramera y analítica, parrilla de calentamiento, termómetro, cronómetro y molino manual. Para la obtención de la materia prima, se emplearon cáscaras de naranja, chile de árbol, chile pasilla, chile guajillo, sal y como aditivos, ácido cítrico E-330 y glutamato monosódico E-621.

Obtención de la materia prima

La materia prima fue obtenida de jugueras ubicadas en el municipio de Gutiérrez Zamora, Veracruz. Estas fueron lavadas y cortadas. Posteriormente, fueron hervidas durante 10 minutos para eliminar la astringencia. Luego, se secaron a 110°C en un horno de secado (ECOSHEL, 9023A, Monterrey, NL, México) hasta alcanzar un peso constante. Una vez seca, la cáscara de naranja pasó por un proceso de molienda para obtener la harina correspondiente. Este último procedimiento se aplicó también a todos los tipos de chiles. Finalmente, se mezclaron los ingredientes según las proporciones establecidas.

Diseño experimental y evaluación sensorial

Se realizó la siguiente propuesta de formulación teniendo, para cada formulación un contenido de un 25.64% de chile guajillo, 25.64% de chile pasilla, 12.82 de sal, 10.25% de ácido cítrico y empleando el 0.86% de Glutamato Monosódico como aditivo que permite intensificar sus sabres. Contemplando como variables a la harina de cáscara de naranja y el chile de árbol a un diseño experimental mostrando como resultado 3 muestras aceptables (Tabla 1).

Tabla 1. Tabla del contenido de las muestras experimentales.

CÓDIGO	HARINA DE CÁSCARA DE NARANJA	CHILE DE ÁRBOL
165	0	100%
166	50%	50%
167	100%	0
168	Salsa en polvo comercial	

Con las muestras obtenidas se realizó el análisis sensorial, empleando la muestra 165 como un blanco y la muestra 168 como el control. Los tratamientos fueron evaluados a través de una prueba sensorial a panelistas no entregados entre 18 y 50 años tanto hombres como mujeres. Las mezclas se evaluaron utilizando una escala de Likert de 5 puntos.

Evaluación fisicoquímica: Determinación de acidez titulable y pH

El método empleado para la determinación de acidez y pH se realizó de acuerdo con la AOAC (2007) siguiendo los siguientes pasos: Se homogenizaron 4g de muestra con 36mL de agua destilada, posteriormente se filtró, ya filtrado se midió directamente el pH con un potenciómetro (Hanna Edge, HI2020-01, México) previamente calibrado con soluciones amortiguadoras pH 4 y 7. Para medir la acidez se colocaron 10g de la mezcla en un matraz Erlenmeyer y se adicionaron tres gotas de fenolftaleína (1% p/v en etanol). Se tituló utilizando una solución de NaOH 0.01N requerido para la neutralización. Para la cuantificación se empleó la siguiente ecuación y el resultado se expresó como g de ácido cítrico por cada 100g de muestra.

$$g \text{ de ácido cítrico} = \frac{(mL \text{ NaOH})(0.01N)(meq \text{ ácido cítrico})}{100g} \times 100$$

En donde:

mL NaOH es la cantidad de hidróxido de sodio gastado durante la titulación

Determinación de humedad: (Método estufa) a 80°C ±2°C

Para la determinación de humedad de la cáscara de naranja se realizó lo siguiente: Se pesaron 10 g de muestra húmeda en una cápsula de porcelana y se llevó al horno de secado (ECOSHEL, 9023A, Monterrey, NL, México) a una temperatura de (100-105°C), hasta observar un peso constante. Finalmente se determinó el contenido de humedad mediante la siguiente ecuación (Baños *et al.*, 2020):

$$\% \text{humedad} = \frac{m_o - m_{ssec}}{m_o} * 100$$

En donde:

mo: masa del sólido húmedo (masa inicial)

mssec: masa del sólido seco.

Determinación de Ceniza (Método: Mufla) a 500 °C

Para la determinación de cenizas se pesaron 5 g de muestra seca en un crisol de porcelana a peso constante, posteriormente se colocó el crisol en la mufla y se dejó calcinar por un lapso de tiempo de 2 horas. Después de la calcinación se dejó enfriar en el desecador y finalmente se pesó con ayuda de la balanza analítica. Para el cálculo del % de cenizas se empleó la siguiente formula:

$$\%C = \frac{W_{ceniza}}{W_i} \times 100$$

En donde:

Wi= peso inicial de la muestra

Wceniza= Peso de la ceniza

Determinación de densidad

La densidad se calculó colocando una probeta graduada de 10 ml, la cual fue pesada en una balanza analítica para después añadir la salsa en polvo cuidadosamente hasta llenar el

equivalente a 10 ml en probeta. Finalmente la densidad se calculó utilizando la sig ecuación:

$$\frac{(\text{Peso de probeta} + \text{salsa}) - (\text{Peso de probeta vacía})}{10 \text{ ml}}$$

Determinación de fibra

Para la determinación de fibra se pesaron 2g de materia seca desengrasada y se colocaron en un matraz de Erlenmeyer de 750 ml. Luego se agregaron 200 ml de ácido sulfúrico al 10 % (v/v) para agitar la mezcla, que se sometió a un calentamiento hasta ebullición, dejando hervir durante 30 minutos. Posteriormente se colocó el residuo obtenido en la filtración en un matraz de 750 ml y se agregaron 200 ml de NaOH al 10 % (p/v). Finalmente, se calentó durante 30 minutos y se filtró, el residuo fue lavado con etanol al 96 °GL y se secó en una estufa a 105 °C hasta obtener peso constante. Para la obtención del % de fibra se empleó la siguiente fórmula:

$$\% \text{fibra} = \frac{W_{\text{fibra}}}{W_{\text{muestra seca}}}$$

En donde:

Wfibra = peso de muestra antes de secar
Wmuestra seca= peso de muestra seca

Resultados

La cáscara de naranja obtenida para la formulación de la salsa en polvo tenía una humedad de 62.61 ±0 %. La evaluación sensorial de los 4 tratamientos establecidos demostró que la muestra 168 obtuvo una aceptación del 50.98% por los panelistas, perteneciente al control con una salsa en polvo comercial. Sin embargo, después de esta, se presenta a la muestra 167 como la segunda mejor aceptada por el público en un 23.529%, principalmente por su sabor característico (Figura 1).

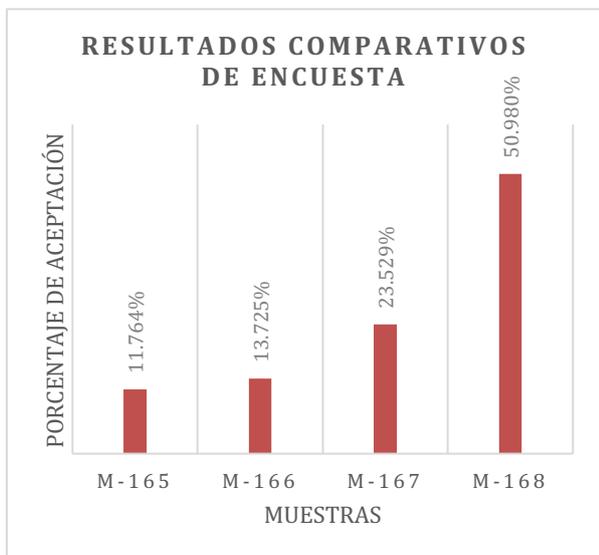


Figura 1. Gráfica de resultados comparativos de encuesta

Los análisis fisicoquímicos se realizaron al tratamiento de mayor aceptación, siendo este la muestra 167; elaborada con 100% de harina de cáscara de naranja y 0% de chile de árbol

Tabla 2. Resultados fisicoquímicos de la muestra 167.

Parámetro	Resultado
Cenizas	5.65 ± 0.75 %
pH	3.34 ±0
Acidez	0.755 ± 0.025
Densidad	0.479 ± 0.013
Fibra	15.17 ± 0.23 %

Discusión

Si bien las evaluaciones sensoriales beneficiaron a la marca comercial, el porcentaje de aceptación obtenido por la salsa en polvo formulada a base de cáscara de naranja nos indica que puede ser un producto con buena aceptación comercial. De igual forma, puede comprobarse que los panelistas prefieren aquellas formulaciones con menos picante.

De acuerdo a la Norma Mexicana NMX-F-377-1986. Alimentos regionales. Salsa picante envasada; la salsa en polvo elaborada se encuentra dentro de los estándares permitidos ya que el pH de esta se encuentra en el rango establecido de mínimo 2.8 y máximo 4, por lo cual de acuerdo con la norma el pH de 3.34 de este producto es aceptable para su venta en el mercado. El porcentaje de cenizas resultó ser de 5.65 ± 0.75%, este valor resulta estar por arriba a lo reportado por Guerra *et al.*, (2020) quienes obtuvieron un valor de cenizas del 3.33 ± 0.74%. Sin embargo, este dato es sólo sobre la harina de naranja y no representa el contenido de minerales de otros ingredientes.

En cuanto a la acidez expresada como ácido cítrico de la salsa en polvo se obtuvo un 0.755 ±0.025, siendo adecuada para el consumidor y de manera saludable cumpliendo con criterios establecidos por las normas referentes. El contenido de fibra cruda obtenido es similar a lo reportado por Guerra *et al.*, (2020) y resultó ser más del doble a lo reportado por Haque *et al.*, (2015) quienes obtuvieron 7.35 ± 0.10%.

Conclusiones

La elaboración de un producto que permita dar un valor agregado a la cáscara de naranja, como primer paso a una harina, mediante un tratamiento térmico con un resultado benéfico se impulsó al adicionarlo en una salsa en polvo como un producto innovador y auténtico.

Con ello los resultados obtenidos en la experimentación sensorial, demostró que la muestra 167 fue la que tuvo una mejor aceptación por el público, después de la muestra de control, contando con la formulación en un 25% por harina de cáscara de naranja, en el que se permite resaltar mejor su característico sabor, dando una experiencia única y agradable para los consumidores.

Además de ser apto para catalogarlo como un producto funcional, puesto que en su proceso se pueden retirar

propiedades innecesarias, como lo es la astringencia y así poder conservar parte de sus propiedades características como lo es la fibra. Por ello se elabora la formulación de una salsa en polvo enriquecida con harina de cáscara de naranja, como un producto sustentable.

Contribución de los autores

DAH Experimentación y redacción

IAGR Redacción y resultados

MJLS Diseño de trabajo y redacción

ERLM Diseño del trabajo y redacción

RALH Seguimiento y redacción

IHM Seguimiento y redacción

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Presentaciones previas

Ninguna.

Referencias

- Aguilar Salas, M. B., & Flores Rodriguez, C. P. (2018). Evaluación de la Cáscara de Naranja (*Citrus cinensis*) como material adsorbente Natural de Ion metálico Cu(II).
- Brglez, M., Hrnčič, M. K., Škerget, M., Knez, Ž., & Bren, U. (2016). Polifenoles: métodos de extracción, acción antioxidante, biodisponibilidad y efectos anticancerígenos.
- Chávez, S. L. A., Chapa, F. A., Hernández, I. H., Balderas, D. J., & Vargas, A. T. (2015). Elaboración de un producto alimenticio a partir de harina suplementada con bagazo seco de naranja Elaboration of a Floury Food Product from Orange Peel.
- Citrofrut. (2023). Naranja Valencia | Citrofrut. <https://citrofrut.com/es/naranja-valencia.php>
- Codex Alimentarius (1995). Norma general para los aditivos alimentarios. CODEX STAN 192-1995.
- Dia, N. A. (2022, 7 junio). ¿Cuáles son las propiedades de la cáscara de naranja? Naranjas al Día. <https://naranjasaldia.es/propiedades-de-la-cascara-de-naranja/>
- El Crisol. (2022, 15 diciembre). Componentes suelen usarse en medios de cultivo. <https://elcrisol.com.mx/blog/post/que-componentes-suelen-usarse-en-medios-de-cultivo>
- González, N. (2007). Elaboración de galletas con harina de bagazo de naranja. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/597/Elaboracion%20de%20galletas%20con%20harina%20naranja.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- González-Cortés, N., & Jiménez-Vera, R. (2020). Caracterización de Harina de Naranja (*Citrus x sinensis*) para Uso Alimentario. *European Scientific Journal*, *ESJ*, *16*(6), 12. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n6p12>
- Guerra-Baños E. C., Baños-Dorantes M. I., Luna-Jiménez A. L., González-Cortés N., Jiménez-Vera R., (2020) Caracterización de Harina de Naranja (*Citrus x sinensis*) para Uso Alimentario. *European Scientific Journal* February 2020 edition, *16*(6).
- Haque, E., Hanif, M., Nadeem, M., Mehmood, A., Ibrar, M., Iqbal, Z. & Jabbar, S. (2015). Physicochemical and rheological study of orange pulp fortified cookies. *Sci Lett.* *3*(2):64-67
- MAPA. (30 de octubre de 2023). Naranja. https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/naranja_tcm30-102369.pdf
- Martínez Girón, J., Díaz Escué, C. F., & Martínez Rojas, L. (2015). Propiedades hidrodinámicas de la fibra dietaria a partir de harina de cáscaras de naranja (*Citrus sinensis*) y mango (*Mangifera indica L.*). *Ingenium industrial*, *9*(26), 11. <https://doi.org/10.21774/ing.v9i26.589>
- Muñoz, L. M., Bulla, E. V. & Sanabria, I. D. (2022). Estudio del impacto ambiental y propuesta de un plan de manejo de residuos generado por la cascara de naranja desechadas por los puestos de bebida que se encuentran los domingos en la jornada de ciclovía en Usaquén, Bogotá Cundinamarca [Documento de trabajo, Universidad EAN]. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10882/12180>.
- Prinz, J. F. (2005) El papel de la fricción en la textura oral percibida. *Preferencia de calidad de comida.* *16:* 121-129.
- Procuraduría Federal del Consumidor. (2021, 02 diciembre). Naranja dulce y jugosa. Una buena carga de vitamina C. <https://www.gob.mx/profeco/articulos/naranja-dulce-y-jugosa-una-buena-carga-de-vitamina-c?state=published>
- Quiñones, M., Miguel, M., & Aleixandre, A. (2012). Revisión Los polifenoles, compuestos de origen natural con efectos saludables sobre el sistema cardiovascular. *NutrHosp*, *27*(1), 76–89. <https://doi.org/10.3305/nh.2012.27.1.5418>
- Restrepo, A. M., Arredondo, A., Morales, C., Tamayo, M., Benavides, Y. L., Bedoya, V., & Vélez, C. (2012). Aplicación de la técnica de impregnación a vacío en el desarrollo de cáscaras de naranja mínimamente procesadas fortificadas con potasio, sodio, y vitaminas B1, B6 y B9. *Journal of Engineering and Technology*, *1*(1).
- Rossetti, D *et al.* (2009) Astringencia de las catequinas del té: más que una percepción táctil de lubricación oral. *Hidrocoloide alimentario.* *23:* 1984-1992
- Sáenz, C., Estévez, A. M., & Sanhueza, S. (2007). Utilización de residuos de la industria de jugos de naranja como fuente de fibra dietética en la elaboración de alimentos. *Archivos latinoamericanos de Nutrición*, *57*(2), 186-191.
- Sáenz, Carmen, Estévez, Ana María, & Sanhueza, Sergio. (2007). Utilización de residuos de la industria de jugos de naranja como fuente de fibra dietética en la elaboración de alimentos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, *57*(2), 186-191. Recuperado en 17 de noviembre de 2023, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S000406222007000200013&lng=es&tln=es.
- SAGARPA. (10 de enero de 2017). Se consolida México como quinto productor mundial de naranja. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/se-consolida-mexico-como-quinto-productor-mundial-de-naranja>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016, 06 agosto). Veracruz, dulce productor de cítricos. <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/veracruz-dulce-productor-de-citricos>
- Virreira Flores, J. J., & Góngora Pereira, O. A. C. Caracterización fisicoquímica de las cascarras de naranja (*Citrus sinensis l.*) Y pomelo (*Citrus grandis*), para obtener Bioetanol-Iquitos.



ARTÍCULO ORIGINAL

Evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICA) de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz

José Luis Xochihua-Juan^{1*}, Angela Eloya Bautista-Juárez¹, Vanessa Jocelyn García-Ticante¹, Héctor Jair Martínez-Mar¹, Norma Hazzel Rodríguez-Morales¹, Andrea Jezabel Villegas-Pérez¹

¹Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas, Ingeniería Ambiental, Av. Venustiano Carranza S/N, Col. Revolución, C.P. 93390, Poza Rica, Veracruz, México.

Recepción 15 de noviembre de 2023. Aceptación 01 de diciembre de 2023

PALABRAS CLAVE

Contaminación del agua
Índice de Calidad del Agua
Parámetros fisicoquímicos
ICA

Resumen

Los ecosistemas tropicales de agua dulce estacional incluyen a los esteros, lagunas, humedales y entre otros. Estos ecosistemas destacan por su notable productividad que permite la conservación y preservación de una gran variedad de especies de flora y fauna. Además, ofrecen diversos servicios ecosistémicos, generan beneficios socioeconómicos al proporcionar un hábitat adecuado para el crecimiento y reproducción de especies marinas como alimento, incluso brindan la opción de recreación y turismo. Sin embargo, este equilibrio de la naturaleza con la sociedad es alterada por la contaminación hídrica que proviene principalmente por las diferentes actividades antropogénicas, urbanización, descargas de aguas residuales, asentamientos humanos y la mínima concientización social. Lo anterior, propician cambios en la estructura, composición y dinámica de dichos ecosistemas, como es la afectación de la calidad del agua en lagunas estacionales al modificarse sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas que impiden el desarrollo de la biodiversidad significativa de la zona. Por lo tanto, es importante identificar variables específicas que brinden la posibilidad de conocer el estado actual del ecosistema acuático afectado por diferentes situaciones socioambientales. En este contexto, se describe el presente caso de estudio enfocado a los análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la Laguna de Tampamachoco, Ver., lo que permitió establecer una relación matemática de las diferentes mediciones y definir una evaluación de la calidad de agua utilizando el método del Índice de Calidad del Agua (ICA) de la National Sanitation Foundation (NSF, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos. En relación al sitio de muestreo y los resultados obtenidos de los parámetros medidos, se concluye que la calidad de agua de la Laguna Tampamachoco es media o regular, es decir, se encuentra ocasionalmente amenazada y presenta una degradación paulatina de su calidad ambiental que puede conducirla a un grave deterioro.

Correspondencia: José Luis Xochihua Juan, Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas, Ingeniería Ambiental, Av. Venustiano Carranza S/N, Col. Revolución, C.P. 93390, Poza Rica, Veracruz, México, Teléfono: 7841409454, correo electrónico: jxochihua@uv.mx.

Abstract

KEYWORDS

Water contamination
Water Quality Index
Physico-chemical
parameters
WQI

Tropical seasonal freshwater ecosystems include estuaries, lagoons, wetlands, and others. These ecosystems stand out for their notable productivity, which allows the conservation and preservation of a vast diversity of flora and fauna species. In addition, they offer various ecosystem services, generate socioeconomic benefits by providing adequate habitat for the growth and reproduction of marine species as food, and even allow recreation activities and tourism. However, water pollution from different anthropogenic activities, urbanization, wastewater discharges, human settlements, and minimal social awareness alter this balance between nature and society. The above leads to changes in the structure, composition, and dynamics of said ecosystems, such as the impact on water quality in seasonal lagoons by modifying its physical, chemical, and microbiological properties that prevent the development of significant biodiversity in the area. Therefore, it is essential to identify specific variables that provide the possibility of knowing the current state of the aquatic ecosystem affected by different socio-environmental situations. In this context, the present case study focused on the analysis of physicochemical and microbiological parameters of the water of the Tampamachoco lagoon, Ver., which allowed the establishment of a mathematical relationship between the different measurements and define an evaluation of the quality of water using the Water Quality Index (WQI) method of the National Sanitation Foundation (NSF) of the United States. Concerning the sampling site and the results obtained from the measured parameters, in conclusion, the water quality of the Tampamachoco Lagoon is average or regular, that is to say, it is occasionally threatened and presents a gradual degradation of its environmental quality that can lead to a significant deterioration.

Introducción

El agua es un recurso natural que llega a formar parte de diversos ecosistemas acuáticos (esteros, lagunas, humedales, ríos, etc.). Estos ecosistemas permiten la conservación y preservación de una gran variedad de especies de flora y fauna (Pérez-Castillo y Rodríguez, 2008; Huaman-Vilca *et al.*, 2020). Así mismo, brindan diversos servicios ecosistémicos (protección contra la erosión e inundaciones, facilitan la recarga de acuíferos subterráneos, contribuyen a la filtración y purificación del agua, favorecen a la estabilización de las condiciones climáticas) (Sajurjo, 2001; Russi *et al.*, 2013) e incluso generan beneficios socioeconómicos desde la reproducción, crecimiento y aprovechamiento de especies marinas (peces, moluscos y crustáceos) como alimento, recreación y/o turismo (Pérez-Castillo y Rodríguez, 2008). Por lo tanto, la calidad del agua es esencial para la supervivencia de los seres vivos, mantenimiento de los ecosistemas y desarrollo de las actividades humanas (Quiroz *et al.*, 2017). Sin embargo, este equilibrio de la naturaleza con la sociedad llega a ser alterada por la contaminación hídrica, proveniente de forma directa e indirectamente de factores de origen natural (arrastre de materia orgánica particulado y disuelto) como antropogénico (Quiñones *et al.*, 2020), resultado de descargas de aguas residuales puntuales (domésticas, municipales e industriales) o difusas (escorrentía de las actividades agropecuarias) (Meléndez *et al.*, 2013; Torres *et al.*, 2013; Quiroz *et al.*, 2017). Esta situación comúnmente involucra a las aguas superficiales, específicamente las lagunas estacionales al presentar modificaciones graves en su ecosistema debido a la contaminación (Pérez-Castillo y Rodríguez, 2008; Ortega *et al.*, 2012; Cervantes *et al.*, 2015; Huaman-Vilca *et al.*, 2020).

El interés por contar con información y comprender el posible estado actual de las aguas superficiales en términos de estándares de calidad, ha impulsado el desarrollo y aplicación

de distintos métodos que involucren ciertos parámetros fisicoquímicos (sólidos disueltos totales, pH, temperatura, conductividad eléctrica y entre otros) y microbiológicos (coliformes fecales) en una expresión matemática, comúnmente denominado como Índice de Calidad del Agua (ICA) (Pérez-Castillo y Rodríguez, 2008), mismo que puede variar de acuerdo al tipo de agua superficial, factores climáticos y geológicos, frecuencia y condición puntual del muestreo (Boyacioglu, 2007). Entre los métodos utilizados destaca el ICA-NSF, conocido como el Índice de Calidad del Agua de la National Sanitation Foundation (NSF, por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos (García-González *et al.*, 2021). El ICA-NSF es ampliamente utilizado para evaluar la calidad de las aguas superficiales constituido por ocho parámetros fisicoquímicos y un microbiológico (coliformes fecales), sin dejar de mencionar, que puede modificarse y adaptarse en función de las condiciones prevalentes en un ecosistema acuático (Samboni *et al.*, 2007; Torres *et al.*, 2009; Meléndez *et al.*, 2013). De acuerdo a lo anterior, este caso de estudio se enfocó en realizar una evaluación del Índice de Calidad del Agua de la Laguna de Tampamachoco, Tuxpan, Ver. Por último, es importante mencionar que únicamente se determinaron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos necesarios para la aplicación del método ICA-NSF modificado.

Material y métodos

Área de estudio

El presente caso de estudio se realizó en la Laguna de Tampamachoco, Tuxpan, ubicada en la llanura costera de Veracruz, México entre las coordenadas 20°18' y 21°02' de latitud norte y los 97°19' y 97°22' de longitud oeste (Jiménez *et al.*, 2012; Ortega *et al.*, 2012; Barrera-Escorcia *et al.*, 2014). Este cuerpo de agua con forma alargada pertenece al complejo lagunar Tamiahua-Tampamachoco (Sitio Ramsar 1602), con una longitud y ancho aproximado de 10.6 Km y 2.7 Km respectivamente; ocupando una extensión de 15 Km²

(Ortega *et al.*, 2012). Para esta actividad se consideró el reconocimiento del entorno del cuerpo de agua y se estableció 5 puntos de muestreo estratégicos a lo largo del cauce de la laguna: PM1 (Bocana), PM2 (Puente de Tampamachoco), PM3 (Isla 1), PM 4 (La Mata) y PM 5 (Isla 2) (Eligio *et al.*, 2021), influenciada por asentamientos humanos, restaurantes (Jiménez *et al.*, 2012), descargas de aguas residuales, entrada de agua marina y agua dulce, etc., tal como se muestra en la Figura 1 (Ortega *et al.*, 2012). Cabe mencionar, que no se establecieron más puntos de muestreo (PM) debido a que se observaban como zonas de menor perturbación antropogénica (Jiménez *et al.*, 2012).



Figura 1. Área de estudio, Laguna de Tampamachoco

Evaluación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

En esta etapa del estudio, se consideró las metodologías establecidas por Jiménez *et al.* (2012) y Ortega *et al.* (2012). Inicialmente, se realizó la medición y determinación de los parámetros fisicoquímicos (temperatura, pH, sólidos disueltos totales, salinidad y conductividad eléctrica) *in situ* a una profundidad de 50 cm en la columna del agua, utilizando un medidor multiparamétrico de la marca Hanna, modelo HI 9828 previamente calibrada. Continuando con la determinación del parámetro microbiológico (coliformes fecales) se aplicó la metodología descrita por Barrera-Escorcia *et al.* (2014) y Aldaco *et al.* (2016), las cuales corresponden a las técnicas de preparación, lavado del material y toma de muestras de agua. Así mismo, la cuantificación de microorganismos se realizó a nivel laboratorio de acuerdo con lo propuesto por Eligio *et al.* (2021). Cabe resaltar que las pruebas se realizaron por triplicado.

Evaluación del Índice de Calidad del Agua

Una vez determinado los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, se utilizó el método ICA-NSF (Índice de Calidad del Agua de la National Sanitation Foundation) modificado para realizar la evaluación de la calidad del agua de la Laguna de Tampamachoco, Ver. El método ICA-NSF involucra un procedimiento de cálculo que toma en consideración el promedio aritmético ponderado de nueve parámetros del agua, los cuales se relacionan entre sí en la siguiente expresión matemática:

$$ICA - NSF = \sum_{i=1}^{i=n} (Q_i) (w_i)$$

Donde:

i = parámetro de calidad del agua (físicoquímico y/o microbiológico) seleccionado y calculado.

Q_i = factor de escala del parámetro i , cuyo valor está relacionado con el resultado obtenido en los análisis *in situ* y/o laboratorio.

w_i = factor de ponderación del parámetro i en comparación con los demás parámetros calculados y que conforman el índice de calidad del agua (Quiroz *et al.*, 2017; Méndez-Zambrano *et al.*, 2020).

El factor Q_i de cada uno de los parámetros (físicoquímico y/o microbiológico) se estima en función de los datos de calidad, los cuales se obtuvieron partir gráficas o curvas de función (Samboni *et al.*, 2007; Tyagi *et al.*, 2013; Quiroz *et al.*, 2017). Es importante mencionar que los parámetros seleccionados para la evaluación del índice de calidad del agua fueron la temperatura, pH, sólidos disueltos totales y coliformes fecales. De acuerdo a lo anterior, se realizaron algunas modificaciones de los factores de ponderación de cada parámetro seleccionado debido a la falta de tiempo en el monitoreo y no poder obtener la información completa (Pamplona, 2010). Los factores de ponderación de cada uno de los parámetros se observan en la Tabla 1 (Meléndez *et al.*, 2013):

Tabla 1. Parámetros y factores de ponderación (ICA-NSF)

Parámetro fisicoquímico y/o microbiológico	Factor w_i
1 Temperatura (T)	0.10
2 Oxígeno disuelto (OD)	0.17
3 Potencial de hidrógeno (pH)	0.12
4 Turbidez	0.08
5 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	0.10
6 Fosfatos (PO ₄)	0.10
7 Nitratos (NO ₃)	0.10
8 Sólidos disueltos totales (SDT)	0.08
9 Coliformes fecales (CF)	0.15

En la Tabla 2, se describe la escala de la calidad del agua de acuerdo con el método ICA-NSF modificado (Fernández y Solano, 2005):

Tabla 2. Calidad del agua (ICA-NSF)

ICA-NSF	Calidad del agua
91-100	Excelente
71-90	Buena
51-70	Media
26-50	Mala
0-25	Muy mala

Resultados

En la Tabla 3, se describen los resultados obtenidos de las mediciones de cada parámetro fisicoquímico (temperatura, pH, sólidos disueltos totales) y microbiológico,

pertenecientes a los 5 puntos de muestreo. Los valores corresponden a un promedio aritmético de los diferentes parámetros del agua.

Tabla 3. Valores de medición de los parámetros

Parámetro fisicoquímico y/o microbiológico	Valores
Temperatura (°C)	27.75
Potencial de hidrógeno (unidades pH)	7.34
Sólidos disueltos totales (*ppt)	18.11
Coliformes fecales (**UFC/100 mL)	150

*ppt: partes por trillón

**UFC: Unidades Formadoras de Colonias

Cabe señalar que la temperatura promedio del medio ambiente fue alrededor de 31 °C. Seguido de lo anterior, se determinaron gráficamente los factores de escala (Q_i) de cada parámetro establecido, los cuales se describen en la Tabla 4:

Tabla 4. Valores de los factores de escala

Parámetro fisicoquímico y/o microbiológico	Factor Q_i
Temperatura	65
Potencial de hidrógeno	92
Sólidos disueltos totales	32
Coliformes fecales	41

Para la evaluación del ICA-NSF modificado se determinaron los nuevos factores de ponderación (w_i) de cada parámetro, los cuales se observan en la Tabla 5:

Tabla 5. Valores de los factores de ponderación

Parámetro fisicoquímico y/o microbiológico	Factor w_i
Temperatura (°C)	0.2375
Potencial de hidrógeno (unidades pH)	0.2575
Sólidos disueltos totales (*ppt)	0.2175
Coliformes fecales (**UFC/100 mL)	0.2875

Los resultados obtenidos de la aplicación de la expresión matemática ICA-NSF se detallan a continuación (Tabla 6):

Tabla 6. Valores de los factores de ponderación

Parámetro fisicoquímico y/o microbiológico	(Q_i)(w_i)
Temperatura (°C)	15.44
Potencial de hidrógeno (unidades pH)	23.69
Sólidos disueltos totales (*ppt)	6.96
Coliformes fecales (**UFC/100 mL)	11.79
Total	57.88

Considerando las escala establecidas en la Tabla 2 (método ICA-NSF), se puede destacar que la calidad del agua de la Laguna de Tampamachoco, Ver. es media.

Discusión

Es importante aclarar que las condiciones climáticas estacionales, influyen directamente en los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los cuerpos de aguas superficiales, tal es el caso de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz. Su temperatura superficial de aproximadamente 27.75 °C, esta influencia a los cambios que

presente la temperatura ambiental de la zona. Esta temperatura corresponde a ecosistemas considerados como estuarios tropicales, cuyos valores van desde los 24 a 30 °C (Ortega *et al.*, 2012), permitiendo la reproducción de una variedad de especies de flora y fauna (Ruiz-Marín *et al.*, 2009). La temperatura es un factor determinante para el desarrollo de diversos procesos: físicos (solubilidad de sales, oxígeno disuelto, estratificación), químicos (pH, concentración de amoníaco) y biológicos (descomposición de materia orgánica). Así mismo, llega a influir en los efectos ecotoxicológicos propiciados por diversos agentes contaminantes (Pérez-Castillo y Rodríguez, 2008) o definir el grado de solubilidad del oxígeno en el agua, necesario para el crecimiento y sobrevivencia de diversas especies (Martínez-Arroyo *et al.*, 2000; Pérez *et al.*, 2017).

Otros de los parámetros considerados en la determinación del ICA-NSF es el pH, el cual es un indicador general asociado a la contaminación hídrica producida por las descargas de aguas residuales, ingreso de fertilizantes, presencia de metales pesados (Pérez-Castillo y Rodríguez, 2008) o degradación de materia orgánica (Ruiz-Marín *et al.*, 2009). El valor promedio del pH de la Laguna Tampamachoco es ligeramente alcalino (7.34), el cual puede estar relacionado a la mezcla con las corrientes de entrada de aguas marinas (Ortega *et al.*, 2012; Pérez *et al.*, 2017) o presencia de sales como son carbonatos, bicarbonatos, etc. (Aldaco *et al.*, 2016). De igual manera, el valor del pH indica que la laguna aun es apropiada para el desarrollo de diversos sistemas biológicos, el cual puede limitarse a partir de valores superiores a 9.0 e inferiores a 6.0 relacionado con un cambio en la calidad del agua (Pérez-Castillo y Rodríguez, 2008; Huaman-Vilca *et al.*, 2020). No obstante, un pH alcalino puede favorecer la concentración y sedimentación de metales pesados en el fondo del cuerpo de agua (Barrera-Escorcía *et al.*, 2014).

Por otra parte, los sólidos disueltos totales (SDT) está relacionado con la concentración sustancias orgánicas e inorgánicas (sales, minerales, metales) presentes en el agua (Pérez *et al.*, 2017) procedente de material erosionado y acarreado por las escorrentías generadas por la lluvia (Pérez-Castillo y Rodríguez, 2008), lixiviación (Pérez *et al.*, 2017) o disminución del nivel de profundidad del cuerpo de agua (Méndez-Zambrano *et al.*, 2020). Los SDT pueden favorecer a la adsorción y concentración de agentes contaminantes (plaguicidas), incrementar la turbiedad y absorción de energía en forma de calor, reflejándose en aumento de la temperatura del cuerpo de los SDT de 18.11 ppt está cercano a lo reportado por Ortega *et al.* (2012).

Por último se tiene los coliformes fecales (CF), los cuales comúnmente provienen de las descargas de aguas residuales de la zona urbana de la región (Barrera-Escorcía *et al.*, 2014; Méndez-Zambrano *et al.*, 2020; Huaman-Vilca *et al.*, 2020) reflejando parte de la contaminación patogénica y bacteriológica (Pérez *et al.*, 2017; Huaman-Vilca *et al.*, 2020). La concentración de CF puede registrarse tanto en aguas como en los sedimentos. Se ha reportado que este tipo de bacterias pueden bioacumularse en organismos vivos como

son los ostiones derivado de sus procesos respiración y filtración del agua (Barrera-Escorcía *et al.*, 2014).

El método ICA-NSF modificado se seleccionó por su confiabilidad en la evaluación de la calidad de las aguas superficiales, siendo en el caso de estudio la Laguna de Tampamachoco, Ver. La interpretación de los resultados en términos de calidad puede ser la pauta de poder brindar alternativas en beneficio del sostenimiento de la biodiversidad del propio ecosistema (Pérez-Castillo y Rodríguez, 2008). De acuerdo a la escala de la calidad (método ICA-NSF), la Laguna Tampamachoco podría encontrarse ocasionalmente amenazada y presentar una degradación paulatina de su calidad ambiental a través del tiempo y conducirla a un grave deterioro. Sin embargo, el valor ponderado del ICA de 57.88 (calidad media) no es decisivo para determinar el posible estado actual de la laguna, puesto que solo se utilizaron 4 parámetros (temperatura, pH, sólidos disueltos totales y coliformes fecales) y faltarían por involucrar 5 parámetros adiciones (oxígeno disuelto, turbidez, demanda bioquímica de oxígeno, fosfatos, nitratos) de los 9 requeridos para un ICA completo y riguroso (Huaman-Vilca *et al.*, 2020). Adicionalmente, las actividades antropogénicas y principalmente las posibles descargas de aguas residuales en la laguna, propician cambios en la estructura y composición de dichos ecosistemas, afectando la calidad del agua al modificarse sus propiedades físicas, químicas y microbiológicas (Rodríguez *et al.*, 2017; Pulido y Bermúdez, 2018). Se ha reportado que los resultados de los parámetros que llegan a ser evaluados pueden estar influenciados por la mezcla de aguas oceánicas, dulceacuícolas y condiciones climáticas estacionales (primavera, verano, otoño e invierno), destacando sequías, lluvias y nortes (Ortega *et al.*, 2012).

Conclusiones

El Índice de Calidad del Agua (ICA), permite relacionar información sobre los distintos parámetros (físicoquímicos y microbiológicos) en una expresión matemática y lograr comprender el posible estado actual de las aguas superficiales al menos en 5 términos de estándares de calidad (excelente, buena, media, mala y muy mala). Con respecto a los valores obtenidos, la laguna presenta una ligera alcalinidad y una alta concentración de sólidos disueltos como de coliformes fecales. Influenciada de asentamientos humanos, establecimientos restauranteros y posibles descargas de aguas residuales que podrían estar afectando directamente los distintos parámetros y en consecuencia la calidad del agua de la laguna. Por lo tanto, es necesario establecer una mayor gestión de los servicios municipales, así como la aplicación correcta de políticas medioambientales actuales. En relación a los 5 puntos de muestreo, se puede resaltar que no hubo diferencias significativas principalmente en los parámetros físicoquímicos. Sin embargo, considerando algunas investigaciones se recomienda un muestro paulatino que contemple las diferentes temporadas climáticas (primavera, verano, otoño e invierno). Finalmente, se concluye que el agua de la Laguna Tampamachoco se puede

clasificar en una escala contaminado para consumo humano pero aceptable para el aprovechamiento de actividades como la pesca y desarrollo de vida acuática de acuerdo al método de ICA-NSF.

Contribución de los autores

JLXJ, diseño del trabajo y redacción.
AEBJ, análisis matemático y redacción.
NHRM, recolección de datos y redacción.
VJGT, recolección de datos.
HJMM, recolección de datos.
AJVP, recolección de datos

Financiamiento

Recursos otorgados por la Facultad de Ciencias Químicas, Ingeniería Ambiental, Región Poza Rica-Tuxpan.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Presentaciones previas

Ninguna.

Referencias

- Aldaco, P. V., Iturvide, F. A. y Lucio, M. A. M. (2016). Estudio microbiológico de dos cuerpos de agua del estado de Guanajuato: "La Presa la Purísima" y "Laguna De Yuriria". *Jóvenes en la Ciencia*. 2: 71-75.
- Barrera-Escorcía, G., Botello, A. V., Wong-Chang, I. y Fernández-Rendón, C. L. (2014). Contaminación microbiológica de la laguna de Tampamachoco, Veracruz, México. *Golfo de México. Contaminación e impacto ambiental: diagnóstico y tendencias*. UAC, UNAM-ICMYL, CINVESTAV Mérida. 653-670.
- Boyacioglu, H. (2007). Development of a water quality index based on a European classification scheme. *Water Sa*. 33(1).
- Cervantes, M. A., Gutiérrez, A.M. A. y Álvarez, L. T. (2015). Indicadores de calidad del agua en lagunas insulares costeras con influencia turística: Cozumel e Isla Mujeres, Quintana Roo, México.
- Eligio, M. V., Palomo, M. G. C., Taje, J. L. G. y Sánchez, J. D. L. Á. A. (2021). Análisis de las variables físico-químicas y microbiológicas de Las Lagunas del municipio de Escárcega, Campeche, México. *European Scientific Journal*, ESJ. 17(25): 116.
- Fernández, N. y Solano, F. (2005). Índices de calidad de agua e índices de contaminación. Universidad de Pamplona, Colombia. 310.
- García-González, J., Osorio-Ortega, M. A., Saquicela-Rojas, R. A. y Cadme, M. L. (2021). Determinación del índice de calidad del agua en ríos de Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. *Ingeniería del agua*. 25(2):115-126.
- Huaman-Vilca, S., Lucen-Espinoza, M., Paredes-Vite, M. y Alfaro, D. C. (2020). Evaluación de la calidad del agua de la Laguna Marvilla en los Pantanos de Villa (Lima-Perú). *South Sustainability*. 1(2).
- Jiménez, M. A. L., Monks, W. S., Solís, A. S., Flores, G. P., Oyarzún, J. C. G. y Ortega, M. L. (2012). Dinámica de las variables físicoquímicas del sedimento de la laguna de Tampamachoco, Veracruz, México. *Revista científica UDO agrícola*. 12(4): 965-972.
- Martínez-Arroyo, A., Abundes, S., González, M. E., & Rosas, I. (2000). On the influence of hot-water discharges on phytoplankton communities from a coastal zone of the Gulf of Mexico. *Water, Air, and Soil Pollution*. 119: 209-230.
- Meléndez, V. G., Quintero, O. C. y Ramírez, N. A. (2013). Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, DINIUS y BMWP en la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia. *Gestión y Ambiente*. 16(1): 97-107.
- Méndez-Zambrano, P. V., Arcos-Logroño, J. P. y Cazorla-Vinueza, X. R. (2020). Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río

- Copueno ubicado en Cantón Morona. Dominio de las Ciencias. 6(2): 734-746.
13. Ortega, M. L., Flores, G. P., Solís, A. S., Oyarzún, J. C. G., Monks, W. S. y Jiménez, M. A. L. (2012). Evaluación estacional de las variables fisicoquímicas del agua de la Laguna de Tampamachoco, Veracruz, México. *Revista Científica UDO Agrícola*. 12(3): 713-719.
 14. Pamplona, U. D. (2010). ICAs e ICOs de Importancia Mundial. En N. J. P., *Investigación en H₂O Calidad del agua*. 33-46 pp.
 15. Pérez, R., Riveiro, F., Jiménez, M., Manganiello, L., Vega, C., Covad, R. y Moreno, J. (2017). Water quality assessment in a Caribbean saltwater wetland. *Revista Ingeniería UC*. 24(3): 417-427.
 16. Pérez-Castillo, A. G. y Rodríguez, A. (2008). Índice fisicoquímico de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista de Biología tropical*. 56(4): 1905-1918.
 17. Pulido, C. V. M. y Bermúdez, D. L. (2018). Estado actual de la conservación de los hábitats de los Pantanos de Villa, Lima, Perú. *Arnaldoa*. 25(2): 679-702.
 18. Quiroz, F.L. S., Izquierdo, K. E. y Menéndez, G.C. (2017). Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. 38(3): 41-51.
 19. Quiñones, H. L., Ochoa, T. L., Gamarra, T.O., Bazán, C. J., Delgado, S.J. y Kemper, V.N. (2020). Red neuronal artificial para estimar un índice de calidad de agua. *Enfoque UTE*. 11(2): 109-120.
 20. Rodríguez, R., Retamozo-Chavez, R., Aponte, H. y Valdivia, E. (2017). Evaluación microbiológica de un cuerpo de agua del ACR Humedales de Ventanilla (Callao, Perú) y su importancia para la salud pública local. *Ecología Aplicada*. 16(1): 15-21.
 21. Ruiz-Marín, A., Campos-García, S., Zavala-Loría, J. y Canedo-López, Y. (2009). Hydrological aspects of the lagoons of Atasta and Pom, Mexico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10(1): 63-74.
 22. Russi, D., Ten Brink, P., Farmer, A., Badura, T., Coates, D., Förster, J. y Davidson, N. (2013). The economics of ecosystems and biodiversity for water and wetlands. IEEP, London and Brussels. 78, 118 pp.
 23. Sajurjo, R. E. (2001). Valoración económica de servicios ambientales prestados por ecosistemas: Humedales en México. Instituto Nacional de Ecología.
 24. Samboni, R.N. E., Carvajal, E. Y. y Escobar, J. C. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Ingeniería e investigación*. 27(3): 172-181.
 25. Torres, B.B., González, L.G., Rustrián, P.E. y Houbron, E. (2013). Enfoque de cuenca para la identificación de fuentes de contaminación y evaluación de la calidad de un río, Veracruz, México. *Revista internacional de contaminación ambiental*. 29(3): 135-146.
 26. Torres, P., Cruz, C. H. y Patiño, P. J. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano: Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*. 8(15): 79-94.
 27. Tyagi, S., Sharma, B., Singh, P. y Dobhal, R. (2013). Water quality assessment in terms of water quality index. *American Journal of water resources*. 1(3): 34-38.

Instrucciones para autores

Revista Multidisciplinaria de Ciencia, Innovación y Desarrollo REMCID es el órgano oficial de la Universidad Tecnológica de Gutiérrez Zamora, Veracruz. Acepta para publicación artículos originales, de revisión, especiales, consensos, cartas científicas, y cartas al editor. La revista publica dos números al año, de manera semestral, con carácter académico que incluye resultados de investigaciones con contenidos distintos.

El Comité Editorial evalúa los trabajos recibidos mediante dictamen tipo doble ciego, es decir omitiendo el nombre del autor o autores y conservándose tanto su anonimato como el del dictaminador. Todos los artículos enviados que se inscriban dentro del perfil temático de la revista serán considerados, sin que ello implique obligatoriedad de su publicación ni devolución del material enviado. Únicamente se recibirán documentos apegados a las instrucciones para autores. La dirección de la revista se reserva el derecho de realizar los cambios editoriales necesarios. Las aportaciones originales que son aceptadas por el Comité Editorial serán publicadas y pasarán a ser propiedad de la revista. Por lo tanto, queda prohibida su reproducción total o parcial, sin la autorización por escrito de los editores. Los trabajos deberán enviarse a: remcid@utgz.edu.mx

Preparación y envío de manuscritos

1. Los manuscritos deberán enviarse a través del correo electrónico a: remcid@utgz.edu.mx
2. Todo el trabajo (incluyendo página frontal, resúmenes y títulos de figuras) deberá estar escrito en la plantilla sin modificar los márgenes y formato en general.
3. **Página frontal**

Deberá contener:

- *Título del trabajo*: breve y descriptivo.
- *Autores*: serán mencionados con nombre completo o utilizando el formato de guión en los apellidos.
- *Filiaciones*: serán referidas con números (1, 2, 3,) como superíndices. Ejemplo: Rodrigo Rosas¹, Victoria Zarco² y Humberto Estrella-Espinoza^{3*} Las filiaciones (institución donde obtuvo su grado de estudios o bien lugar donde labora) se deberán colocar en el orden siguiente: facultad y/o universidad / ciudad, provincia y país. No se colocarán cargos académicos ni laborales en las filiaciones de los autores.

- *Correspondencia*: Se pondrá asterisco en el autor para correspondencia. Asimismo deberá anotar un correo electrónico.

4. Resúmenes estructurados

Para artículos originales, de revisión, especiales y cartas científicas, el resumen debe estar escrito en español e inglés estructurado como sigue:

Español	Inglés
Resumen	Abstract
Palabras clave	Keywords

Deberán ser escritos en forma concreta, el cual presente una síntesis adecuada del trabajo.

- No usar citas bibliográficas.
- Serán concisos (máximo 250 palabras).
- En la sección de palabras clave y keywords se anotarán de 3 a 6 palabras clave.
- Los decimales se escribirán con punto (.).
- Las unidades de miles se escribirán sin coma, solo con separación.

5. Formato del cuerpo del manuscrito

5.1 Artículo original o revisión: máximo 20 páginas.

Constará de los siguientes apartados:

1. Introducción
2. Material y métodos
3. Resultados
4. Discusión
5. Conclusiones
6. Contribución de los autores
7. Financiamiento
8. Conflicto de intereses
9. Presentaciones previas
10. Referencias
11. Tablas, figuras, imágenes, diagramas, gráficos, con título

Las abreviaturas serán explicadas la primera vez que se empleen y se utilizarán a lo largo de todo el manuscrito.

En el caso de artículos de revisión, la introducción puede contener implícitamente métodos, resultados y discusión. De igual forma se puede considerar la estructura marcada en el punto 5.1.

5.2 Carta científica: máximo 10 páginas.

1. Introducción
2. Presentación
3. Discusión
4. Referencias
5. Tablas, figuras, imágenes, diagramas, gráficos, con título Títulos de tablas

6. Financiamiento y conflicto de intereses

Podrán llevar los apartados que el autor disponga.

Financiamiento (obligatorio): si no hay se pondrá "No se recibió ningún patrocinio para llevar a cabo este artículo".

Conflicto de intereses (obligatorio): si no lo hay, se pondrá la siguiente frase: El/Los autor(es) declara(n) no tener conflicto de intereses.

Agradecimientos (opcional).

7. Referencias

Se ordenarán y enumerarán por orden de aparición en el texto, con la acotación respectiva en superíndice, deben ir antes de los signos de puntuación si es el caso.

Las referencias se presentarán en formato APA con límite para artículos originales de 25 a 30; en artículos de revisión de 25 a 35; en artículos especiales de 20 a 25 y en cartas científicas de 15 a 20 citas bibliográficas.

8. Tablas y figuras

- Se identificarán en forma progresiva con números arábigos de acuerdo con el orden de aparición en el texto.
- Los títulos deberán ir en su parte superior (encabezado), indicando el número de la figura correspondiente (con arábigos) y señalando al final, por orden alfabético, las abreviaturas empleadas, con su definición correspondiente.
- Las figuras se deben entregar en formato TIFF, JPG, GIF, PNG, en alta resolución (300 dpi o más). No se aceptan archivos en PDF.
- Entre figuras y tablas no debe exceder de 10.

9. Motivos de rechazo

El incumplimiento de estas normas podrá ocasionar el rechazo del trabajo en cualquier momento del proceso editorial.