



UACH
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

Dirección de
Investigación y Posgrado

VOLUMEN XVIII | NÚMERO 2 | PUBLICACIÓN CONTINUA 2024



TECNOCIENCIA CHIHUAHUA

Revista de ciencia y tecnología



Crossref



DOAJ



LOCKSS



DORA

MIAR

Matriz de Información para el
Análisis de Revistas



UNIVERSITAT DE
BARCELONA





UACH
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

Directorio Institucional

Mtro. Luis Alfonso Rivera Campos

Rector

**C.P. Jesús Ignacio
Rodríguez Bejarano**

Secretario General

**Dr. Luis Carlos Hinojos
Gallardo**

*Director de Investigación y
Posgrado*

**Dra. Ruth del Carmen
Grajeda González**

*Directora de Extensión y
Difusión Cultural*

**Lic. Martha Lorena Mier
Calderón**

Directora Académica

**L.A.E. Alberto Eloy
Espino Dickens**

Director Administrativo

**M.A.P. Marcela Herrera
Sandoval**

*Directora de Planeación y
Desarrollo Institucional*



TECNOCIENCIA CHIHUAHUA
Revista de ciencia y tecnología

Equipo Editorial

Editor responsable

Dr. Armando Quintero Ramos, Universidad Autónoma de Chihuahua, México. (SNII III)

Asistente editorial

M.E.S. Nancy Karina Venegas Hernández, Universidad Autónoma de Chihuahua, México.

Co-editores

Dr. Rubén Francisco González Laredo, Instituto Tecnológico de Durango, Durango, México. (SNII, Nivel III)

Dr. Javier Tarango Ortiz, Universidad Autónoma de Chihuahua, México. (SNII, Nivel II)

Corrector de Estilo

Dr. Fidel González Quiñones, Universidad Autónoma de Chihuahua, México. (SNII, Nivel I)

COMITÉ CIENTÍFICO

- **Alimentos y Biotecnología**

Dr. Benjamín Ramírez Wong, División de Ciencias Biológicas y de la Salud, Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora, México. (SNII, Nivel III).

Dr. José Alberto Gallegos Infante, Instituto Tecnológico de Durango, Durango, México. (SNII, Nivel III)

Dr. José Rafael Minjares-Fuentes, Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Durango, México. (SNII, Nivel I)

Dra. María Marcela Rodríguez, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Olavarría, Argentina.

Dra. Valeria Soledad Eim Iznardo, Universidad de las Islas Baleares, Islas Baleares, España.

Efrén Delgado, Ph.D., New Mexico State University, Las Cruces, NM. Estados Unidos de Norteamérica.

Dra. Elizabeth Carvajal Millán, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Hermosillo, Sonora, México. (SNII, Nivel III).

Dr. Fernando Martínez Bustos, CINVESTAV, Unidad Querétaro, Querétaro, México. (SNII, Nivel III)

Dr. León Raúl Hernández Ochoa, Universidad Autónoma de Chihuahua (SNII, Nivel I)

Dr. José de Jesús Zazueta Morales, Universidad Autónoma de Sinaloa, Culiacán México. (SNII, Nivel I)

Dr. Diego Bautista Genovese, [PLAPIQUI] Planta Piloto de Ingeniería Química-CONICET, Bahía Blanca Argentina.

Dra. Aracely Ochoa Martínez, Instituto Tecnológico de Durango, Durango, México. (SNII, Nivel II)

Dra. Deborah Murowaniecki Otero, Universidade Federal da Bahia. Salvador, Bahía, Brasil.

Dr. René Renato Balandrán Quintana, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo (SNII, Nivel I)

- **Agricultura y Agropecuaria**

Dr. Gerardo Méndez Zamora, Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León, México. (SNII, Nivel I)

Dr. Guillermo Fuentes Dávila, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México.

Dr. Víctor Arturo González Hernández, Colegio de Posgraduados. Estado de México, México (SNII, Nivel III)

Dra. Yolanda Salinas Moreno, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Departamento de Genética, México. (SNII, Nivel III)

- **Química y Biología**

Dr. Eleuterio Burgueño Tapia, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN. México. (SNII, Nivel II)

Nadezhda Traycheva Petkova, PhD., University of Food Technologies, Technological Faculty, Department of Organic Chemistry and Inorganic Chemistry, Bulgaria.

Dr. Ricardo Vázquez Juárez, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste S.C. (CIBNOR), México. (SNII, Nivel II)

Dra. Carmen Oralía Meléndez Pizarro, Universidad Autónoma de Chihuahua. (SNII, Nivel II)

Dr. David Morales Morales, Universidad Nacional Autónoma de México (SNII, Nivel III).

Dr. René Rojas Guerrero, Pontificia Universidad Católica de Chile: Santiago, Metropolitana, CL

Prasenjit Ghosh, Ph.D. Indian Institute of Technology Bombay: Mumbai, Maharashtra, IN

Dr. Johan Mendoza Chacón, Universidad Autónoma de Chihuahua (SNII, Nivel I)

- **Salud y Cultura Física**

Dr. Julián Esparza Romero, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C (CIAD). Unidad Hermosillo, Sonora. México (SNII, Nivel II)

Dra. Carolina Jiménez Lira, Universidad Autónoma de Chihuahua.(SNII, Nivel I)

Dra. Jazmín Leticia Tobías Espinoza, Universidad Autónoma de Chihuahua. (SNII, Candidato a Investigador)

Dr. Arnulfo Ramos Jiménez, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. (SNII, Nivel I)

Dra. Silvia Giono Cerezo, Instituto Politécnico Nacional. (SNII, Nivel II)

Dra. América Chávez Martínez, Universidad Autónoma de Chihuahua. (SNII, Nivel I)

Dra. Susana Aideé González Chávez, Universidad Autónoma de Chihuahua. (SNII, Nivel II)

Dra. Mercedes Bermúdez Cortés, Universidad Autónoma de Chihuahua. (SNII, Nivel I)

• **Ingeniería y Recursos Naturales**

Dr. Francisco Paraguay Delgado, Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV) Chihuahua, México. (SNII, Nivel III)

Dr. Vladimir Villarreal Contreras, Universidad Tecnológica de Panamá. Panamá

Dr. Jesús Darío Landa Silva, School of Computer Science, University of Nottingham, Reino Unido.

Dr. Humberto González Rodríguez, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. (SNII, Nivel II)

Dra. Mérida Gutierrez, Missouri State University, Springfield, MO, USA.

Dr. Sergio Valle Cervantes, Instituto Tecnológico de Durango (SNII, Nivel I)

• **Tecnología**

M.C. Ricardo Talamás Abbud, Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Chihuahua. Chihuahua, México



CONTENIDO

Definición de la revista

2

Alimentos

Efecto de la incorporación parcial de harina de amaranto (*Amaranthus* spp) y chocolate en las características bromatológicas y sensoriales de galletas e1484

Effect of partial incorporation of amaranth (*Amaranthus* spp) flour and chocolate on bromatological and sensory characteristics of cookies

Karol Revilla-Escobar, María Carillo-Pisco, Jhonnatan Aldas-Morejon, Jonathan Arguello-Cedeño, Carlos Tubay-Bermudez, Roy Barre-Zambrano

Diseño y prueba inicial de un instrumento para conocer el uso y consumo de la Stevia rebaudiana en Veracruz-Boca del Río e1392

Design and initial test of an instrument to know the use and consumption of Stevia rebaudiana in Veracruz-Boca del Río

María Guadalupe Sánchez-Otero, Alfonso Alexander-Aguilera, Carolina Díaz-González, Noemi Waksman, David Paniagua-Vega

Salud

Extracción de mucílago, evaluación de la actividad antioxidante y el contenido total de fenoles de cuatro variedades de *Opuntia ficus-indica* e1395

Extraction of mucilage, evaluation of antioxidant activity and total phenolic content of four varieties of *Opuntia ficus-indica*

Francisco del Anghel Valenzuela-Zapata, Luisa Fernanda Treviño-Martínez, Rigoberto Eustacio Vázquez-Alvarado, David Paniagua-Vega, Aurora de Jesús Garza-Juárez, Perla Giovanna Silva-Flores

Valoración e intervención fisioterapéutica en adolescente con secuelas de
síndrome de Guillain Barré: Relato de caso e1461

Physiotherapeutic assessment and intervention in adolescent with sequels of Guillain
Barré syndrome: Case Report

Brenda Resendiz-Díaz, Magali Quevedo-Grave

Química y Recursos Naturales

La química detrás de los perfumes y fragancias e1564

The chemistry behind perfumes and scents

Alejandro Camacho-Dávila, Jose Carlos Espinoza-Hicks, Carmen Melendez-Pizarro

Submerged fermentation with fruit and vegetable waste on organic acid
production and enzymatic activity e1573

Fermentación sostenible con desechos de frutas y verduras para la producción de ácidos
orgánicos y actividad enzimática

Óscar Tello-Pérez, David Chávez-Flores, María Aurora Martínez-Trujillo, Francisco Javier Zavala-Díaz de la Serna, Beatriz A. Rocha
Gutiérrez, Lourdes Ballinas-Casarrubias, Héctor Rubio-Arias, María del Rosario Peralta-Pérez

Guía para autores 96

DEFINICIÓN DE LA REVISTA

TECNOCIENCIA CHIHUAHUA, es una revista multidisciplinaria, de publicación continua, que publica artículos y notas científicas, así como artículos de revisión *por invitación* originales e inéditos, en español e inglés, en formato electrónico de acceso abierto.

El objetivo de TECNOCIENCIA CHIHUAHUA es divulgar los resultados y avances de investigación originales e inéditas en las áreas temáticas de Alimentos, Biológica, Salud, Agropecuaria, Cultura Física, Ingeniería y Tecnología, Química y Recursos Naturales, dirigidos a investigadores, académicos, estudiantes y público con interés científico.

El contenido científico y calidad de los artículos son evaluados a través de un proceso de arbitraje de forma anónima en la modalidad de doble ciego por al menos dos árbitros especializados en la materia.

La revista TECNOCIENCIA CHIHUAHUA es editada y financiada por la Dirección de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma de Chihuahua, México. La revista está adherida a la Declaración de San Francisco a través de DORA (Declaration on Research Assessment) se encuentra indexada en índices y portales especializados como DOAJ (Directory of Open Access Journals), MIAR (Matriz de Información para el Análisis de Revistas), Latindex 2.0, Periódica y en Redes Académicas como Biblat, Google Académico y Academia. La revista cuenta con el DOI (Digital Object Identifier) a través de la organización internacional Crossref.



Artículo Científico

Efecto de la incorporación parcial de harina de amaranto (*Amaranthus* spp.) y chocolate en las características bromatológicas y sensoriales de galletas

Effect of partial incorporation of amaranth (*Amaranthus* spp) flour and chocolate on bromatological and sensory characteristics of cookies

Karol Revilla-Escobar^{1,2*}, María Carrillo-Pisco³, Jhonnatan Aldas-Morejon², Jonathan Arguello-Cedeño¹, Carlos Tubay-Bermudez⁴, Roy Barre-Zambrano⁴

¹ Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador

² Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina

³ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador

⁴ Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí – Extensión Chone, Ecuador

*Correspondencia: Correo electrónico: kyrevilla@pucese.edu.ec (Karol Revilla-Escobar)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v18i2.1484>

Recibido: 04 de marzo de 2024; Aceptado: 17 de junio de 2024

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

Editor de Sección: Dr. José Alberto Gallegos Infante

Resumen

La harina obtenida de granos amaranto es considerada una fuente rica en compuestos bioactivos por lo que ha llamado el interés en industrias alimentaria. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la incorporación de harina de *Amaranthus* spp. (HA) y chocolate en las características sensoriales y bromatológicas de galletas. Para lo cual, se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un arreglo factorial A*B, donde el factor A es el porcentaje de sustitución de harina de amaranto y B es la adición de chocolate, se evaluaron los perfiles sensoriales mediante una escala hedónica y características bromatológicas (humedad, cenizas, fibra, grasas y proteínas). Además, al tratamiento que presentó mejor caracterización bromatológica se analizó la presencia de aerobios mesófilos, mohos y levaduras. En cuanto a la caracterización sensorial, se demostró que los tratamientos T1, T3 y T7 presentaron la mayor intensidad en los perfiles evaluados. Sin embargo, en el T7 (20 % de HA +0 % de chocolate) se observó una mayor concentración de proteína (8.37 %); fibra

(4.69 %); y ceniza (2.31 %); así como también, un bajo contenido de grasa (17.84 %) y humedad (2.94 %), también se evidenció una presencia de $0,31 \times 10^3$ UFC aerobios mesófilos y ausencia de mohos y levaduras. Por ello se concluye que la harina de amaranto puede ser utilizada en la elaboración de galletas en concentraciones del 20 % y permite obtener un producto con buena calidad nutricional.

Palabras clave: cereal, galleta, harina de amaranto, nutricional.

Abstract

The flour obtained from amaranth grains is considered a rich source of bioactive compounds, which is why it has attracted interest in food industries. This work aimed to evaluate the effect of incorporating *Amaranthus* spp. flour and chocolate on the sensory and bromatological characteristics of cookies. For this, a Completely Randomized Design (DCA) was used with a factorial arrangement A*B, where factor A is the percentage of amaranth flour substitution and B is the addition of chocolate, the sensory profiles were evaluated using a hedonic scale. and food characteristics (moisture, ash, fiber, fats and proteins). Furthermore, the treatment that presented the best bromatological characterization was analyzed for the presence of mesophilic aerobes, molds, and yeasts. Regarding the sensory characterization, it is shown that treatments T1, T3 and T7 presented the highest intensity in the evaluated profiles. However, in T7 (20 % HA +0 % chocolate) a higher protein concentration is observed (8.37 %); fiber (4.69 %); and ash (2.31 %). As well as a low-fat content (17.84 %), and humidity (2.94 %), there is also a presence of 0.31×10^3 mesophiles and an absence of molds and yeasts. Therefore, it is concluded that amaranth flour can be used in the production of cookies in concentrations of 20 %, obtaining a product with good nutritional quality.

Keywords: cereal, cookies, amaranth flour, nutritional.

1. Introducción

Amaranthus spp. es una planta ornamental y medicinal que pertenece al género *Amaranthus* el cual está compuesto por alrededor de 70 especies de las cuales 42 son nativas de América, en donde se encuentra ampliamente distribuido. En Ecuador, esta especie fue introducida en 1988 (Luis *et al.*, 2018; Waselkov *et al.*, 2018). Los países de mayor producción de esta especie son Nepal, Indonesia, Malasia, China, Filipinas y Centro América (Soriano-García & Aguirre-Díaz, 2019). Este pseudocereal es reconocido por su importancia comercial, la cual se centra en su grano (Aguilera-Cauich *et al.*, 2021).

La importancia comercial del amaranto radica en que es fuente de compuestos bioactivos como β -cianina, β -xantina, betalaína, pigmentos con actividad antioxidante presente en las hojas lo cual fue reportado por Sarker y Oba, (2020). En estudios realizados por Sandoval-Sicairos *et al.* (2021); Stănilă *et al.* (2019), también se reportó la presencia de moléculas con actividad bioactiva como antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorios, por lo que en investigaciones realizadas por Skwaryło-Bednarz *et al.*, (2020) se indica que el consumo de este amaranto podría ayudar a prevenir trastornos cardiovasculares, digestivos y gastrointestinales.

El gluten es una proteína formada por gliadina y glutenina y forma parte de cereales como el trigo, cebada, centeno y avena. Este tipo de proteínas es muy importante en la industria de alimentos, pues brinda propiedades de cohesividad y viscosidad, lo que también permite retener gas, mejorando la texturas de productos como galletas (Villanueva- Flores, 2014). Sin embargo, una dieta rica en este tipo de proteínas puede tener efectos negativos como es la aparición de celiaca y dermatitis herpetiforme, esto según lo reportado por Bayrakci (2024); Niland y Cash (2018), por lo que se recomienda dietas libres de gluten.

Las propiedades funcionales del amaranto han dado lugar a su uso en el procesamiento de diferentes alimentos (Patel *et al.*, 2020), evaluó el efecto de mezclar diferentes concentraciones de *Amaranthus* spp. en la elaboración de gulabjamun, una bebida láctea hindú, se observó que la incorporación de amaranto incrementó la concentración de proteínas. Stănilă *et al.* (2019), observó que sustituyendo 15 % de harina de amaranto, se incrementa la concentración de proteínas en la elaboración de embutidos.

Los cereales son considerados una fuente muy importante de proteínas y compuestos bioactivos, además su valor económico es mucho más accesible en comparación con otras fuentes como la animal (Xu et al., 2019). Los cereales pueden tener excelentes propiedades emulsificantes, mayor retención de agua y espumantes como la harina de granos de amaranto (Badia-Olmos *et al.*, 2023); Guardianelli *et al.* (2019), por lo que su incorporación de manera parcial podría mejorar no solo sus cualidades nutricionales sino, también sensoriales en alimentos como las galletas (Hamzehpour & Ahmadi-Dastgerdi, 2023). Es por ello, que el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de la incorporación parcial de harina de amaranto (*Amaranthus* spp.) y chocolate en las características bromatológicas y sensoriales de galletas.

2. Materiales y métodos

2.1 Localización

El presente proyecto de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Bromatología y Microbiología de los alimentos de la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ubicada en el kilómetro 1,5 de la Panamericana Sur, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo. Entre las coordenadas geográficas con una latitud de 01°38' Sur y una longitud de 78°26' W a una altitud de 2740 m.s.n.m.

2.2 Caracterización sensorial

Para determinar las características sensoriales se empleó la metodología establecida por Aldas-Morejon et al. (2023) con algunas modificaciones, donde se evaluaron los atributos (color, olor, gusto y textura). Para el cual, se organizó un panel de jueces aleatorios no entrenados utilizando el test de preferencia por ordenamiento. Al panel se le solicitó que después de la catación respondieran cuánto le gustó o disgustó el producto. Una vez obtenidos los resultados del análisis organoléptico, se aplicó la prueba de Kruskal Wallis, para datos no paramétricos, la cual se basa en el rango que

puede emplearse para corroborar si existe diferencia significativa entre dos o más grupos. De esta forma, calculó un estadístico de prueba y lo comparó con un punto de corte de la distribución aceptando o rechazando la H_0 o H_1

2.3 Caracterización bromatológica

Los análisis bromatológicos se determinaron según los métodos normalizados. El contenido de humedad se realizó según el método establecido para determinar la humedad por pérdida de calor en harina de origen vegetal estipulado en Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0518. El porcentaje de cenizas se obtuvo según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0520. En relación con el contenido de grasa, se determinó mediante el equipo Soxhlet “Marca Buchi Modelo E-816” de acuerdo con el método de la NTE INEN 0523. Para el contenido de proteína se siguió la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0519. Por otro lado, el contenido de fibra bruta se obtuvo según el método de referencia de la Norma NTE INEN 0522.

2.4 Análisis microbiológicos

El análisis microbiológico (aerobios mesófilos, mohos y levaduras) se realizó al tratamiento que presentó lo mejores características bromatológicas, para ello se consideró las técnicas estipuladas en los métodos de ensayo de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0616.

2.5 Diseño experimental

Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial A*B con tres repeticiones, para determinar diferencia estadística entre la media de los tratamientos se utilizó una prueba de rangos múltiples de Tukey ($P < 0,05$). Los factores de estudio e interacciones se describen en la Tabla 2 y 3.

Tabla 1. Factores de estudio que intervienen en la elaboración de galletas

Table 1. Study factors involved in the production of cookies

Factores	Niveles	Descripción
A: Porcentaje de sustitución de harina de amaranto	a1	10 % harina de amaranto
	a2	15 % harina de amaranto
	a3	20 % harina de amaranto
B: Adición de chocolate	b1	0% chocolate negro de repostería
	b2	5 % chocolate negro de repostería
	b3	10 % chocolate negro de repostería

Tabla 2. Combinación de los tratamientos propuestos para la elaboración de las galletas**Table 2.** Combination of the treatments proposed for the cookies production

Tratamientos	Descripción (100g)
T1	10 % de harina de amaranto / 0 % chocolate
T2	10 % de harina de amaranto / 5 % chocolate
T3	10 % de harina de amaranto / 10 % chocolate
T4	15 % de harina de amaranto / 0 % chocolate
T5	15 % de harina de amaranto / 5 % chocolate
T6	15 % de harina de amaranto / 10 % chocolate
T7	20 % de harina de amaranto / 0 % chocolate
T8	20 % de harina de amaranto / 5 % chocolate
T9	20 % de harina de amaranto / 10 % chocolate

3. Resultados y discusión

3.1 Caracterización sensorial

En la Tabla 3 se indican los resultados sensoriales según la prueba de Kruskal- Wallis, donde se determinaron los perfiles y categorías sensoriales.

La prueba de Kruskal-Wallis para las categorías del atributo color (café y crema), mostró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos con un valor de H de 61,86 y 37,886, respectivamente. Demostrando que, el color café se visualizó con mayor intensidad en el T6 con 3.60 mientras que la menor intensidad se denotó en el T1 con 0,10. Por otro lado, para el color crema, el T7 con 4,00 fue superior en comparación al T6 que obtuvo un valor de 0,40. Con ello, se demuestra que, la incorporación de harina de amaranto mejoró el color de las galletas desde crema pálido hasta marrón dorado. Estos resultados son similares a lo reportado por Arti et al. (2016) quienes determinaron que el color de las galletas, presentan mayor intensidad de color cuando se incluye entre 20 a 30% de harina de amaranto en la formulación. Además, es necesario mencionar que, la sustitución de la harina de trigo en la fabricación de galletas incide en el cambio de color, este es

causado por una combinación de varios factores, como la Reacción de Maillard generada por el contenido del azúcar durante la cocción (Huiyu et al., 2022).

Para la categoría del perfil Aroma cacao, se determinó diferencia significativa según la prueba de Kruskal – Wallis con un valor de H de 25,835. De esta manera, se denotó el mayor valor en el T6 (3.00). Por el contrario, el T1 teniendo una calificación de 0 no presentó notas a cacao. En cuanto al perfil de olor a amaranto no existió variabilidad ($H=12,959$). Sin embargo, se observó que al utilizar mayor porcentaje de harina de amaranto las muestras presentaron mayor olor característico para esta materia prima empleada. Es importante indicar, que en algunas investigaciones se ha determinado que es óptimo incluir hasta un 25% de harina de amaranto para productos de panadería (Sindhuja et al., 2015). Así mismo, Adekunle-Ayo (2021) en su investigación al elaborar pan con la sustitución de harina de trigo por harina de amaranto en una proporción de 10 – 20%, permitió obtener un producto de buena calidad con un sabor y aroma diferente al pan tradicional.

El perfil sabor (dulce, salado, amargo y astringente), en la categoría dulce según la Prueba de Kruskal-Wallis, mostró diferencia significativa entre los tratamientos con un valor de H de 21,284. Siendo el mayor valor con 3,40 para el T1 y T4; mientras que el menor valor se situó con 1,25 en el T8. Por otra parte, para la categoría salado se observó diferencia significativa ($H=15.911$) determinando que el T8 sobresalió con una calificación mayor de 1,60 y el T8 con el menor valor de 0.25. Con respecto al sabor amargo con un valor de H de 16.616 se comprobó que existió diferencia significativa, ubicando al T8 con la mayor intensidad (1,75) a diferencia del T1 que presentó un menor sabor amargo con una valoración de 0,10. Con relación a la categoría astringente se encontró diferencia significativa según la Prueba de Kruskal – Wallis ($H=0.037$) y se estableció que el T8 presentó una mayor astringencia con una intensidad de 2,50; por el contrario, el T4 mostró una menor intensidad con 0,40. De acuerdo con Hamzehpour y Ahmadi-Dastgerdi (2023), presentaron un efecto significativo con más del 15% de harina de amaranto. Esto puede deberse al regusto amargo de la harina, debido a la presencia de compuestos intrínsecos en el amaranto que según Adekunle- Ayo (2021) a alta temperatura producen un sabor a nuez que podría ser objetable en algunos productos horneados.

En cuanto a la textura (crujiente, seca y dura), para las categorías crujiente, seca y dura no presentaron diferencia significativa con valores de H de 7,301; 7,433 y 8,584, respectivamente. Sin embargo, se observó que al utilizar 20% de harina de amaranto + 5% chocolate se obtiene un producto con una textura más crujiente y seca, con un calificación 3,50 y 2,75 consecutivamente en el (T8). Por otra parte, al emplear 20% de harina de amaranto + 0% chocolate (T7) el producto presenta una consistencia dura; con esto se demostró que al incluir 20% de harina de amaranto influye en las características de textura del producto final. Diversas investigaciones han demostrado que incluir otro tipo de harina como la de amaranto aporta una textura más crocante a los productos de panadería (Gaibor-Monar et al., 2020).

Tabla 3. Caracterización sensorial de las galletas con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum* spp.) por harina de amaranto (*Amaranthus* spp.)

Table 3. Sensory characterization of cookies with partial substitution of wheat flour (*Triticum* spp.) for amaranth flour (*Amaranthus* spp.)

Tratamientos	Color		Olor		Sabor				Textura		
	Café	Crema	Cacao	Amaranto	Dulce	Salado	Amargo	Astringente	Crujiente	Seca	Dura
T ₁	0,10	3,10	0,00	2,90	3,40	0,30	0,10	0,50	3,30	1,50	2,60
T ₂	1,20	1,20	2,00	2,20	2,40	0,30	0,70	1,10	2,30	1,70	1,30
T ₃	2,80	2,60	2,40	2,20	1,80	0,80	0,80	2,00	3,00	1,80	2,40
T ₄	0,20	3,40	2,80	1,20	3,40	1,40	0,20	0,40	3,60	0,80	1,60
T ₅	3,00	0,60	2,40	1,00	2,00	0,60	1,20	2,40	3,40	1,80	2,00
T ₆	3,60	0,40	3,00	1,80	3,20	0,40	0,40	1,40	3,40	1,60	2,20
T ₇	0,40	4,00	1,20	1,80	1,60	1,60	0,60	1,60	3,40	1,40	1,00
T ₈	3,25	0,75	0,75	3,00	1,25	0,25	1,75	2,50	3,50	2,75	2,25
T ₉	1,60	1,80	1,60	1,60	2,80	1,20	1,40	1,80	2,60	2,20	2,00
Promedio	1,79	1,98	1,79	1,97	2,43	0,76	0,79	1,52	3,17	1,73	1,93
K – W. (H)	61,86	37,886	25,835	12,959	21,284	15,911	16,616	20,037	7,301	7,433	8,584
p - valor	0	0	0,001	0,113	0,006	0,044	0,034	0,01	0,505	0,491	0,379
s.e.	**	**	**	n.s.	**	*	**	**	n.s.	n.s.	n.s.

Letras diferentes representan diferencias significativas entre los tratamientos (Tukey $p < 0,05$).

K – W (H)= Estadístico de Kruskal – Wallis (no corregido por empates).

p=Probabilidad asociada a valores mayores o iguales (bajo H_0) que el estadístico de Kruskal – Wallis observado (corregido por empates).

s.e.= Significancia estadística (n.s.= no significativo, *=significativo y **=muy significativo)

3.2 Caracterización Bromatológica

En la Tabla 4, se presentan los resultados obtenidos en las características bromatológicas evaluadas a los tratamientos (T1, T3 y T7) que presentaron mejores atributos sensoriales. Donde se encuentran diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la media de los tratamientos.

En el caso de la humedad, se encontró entre 1,87 a 2,94% valores por debajo del 10% que recomienda la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 518. La concentración y tipo de harina en la elaboración de galletas pueden influir en su humedad, en un estudio elaborado por Chauhan et al. (2022), observaron que al reducir la proporción de harina de trigo y al incrementar las concentraciones de pulpa y semilla de calabaza, el porcentaje de humedad aumentó, obteniendo valores entre 2,10 y 2,15%. Con esta hipótesis concuerdan Liu and Chen (2023), que evidenciaron que la incorporación de harina de amaranto (25%) en la elaboración de galletas influye en el porcentaje de humedad, obteniendo un valor de 7,5%, es decir valores superiores en cuanto a la humedad a los obtenidos en este estudio. Así también, según Rajini et al. (2021), es importante considerar que el porcentaje de humedad en galletas, pues esta puede incidir en su composición nutricional y vida útil.

En cuanto a cenizas, no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos analizados, evidenciándose un mayor porcentaje en el T7 con 2,31%. El contenido de cenizas se encuentra relacionada a la presencia de material mineral en alimentos. Los resultados obtenidos fueron inferiores a los reportados por Chauhan et al. (2016). quien evidenció 2,93% de este parámetro incorporando 60% de HA en galletas.- Sin embargo fueron superiores a los obtenidos por Toan et al. (2018) que registraron un porcentaje de cenizas entre 0,88 y 1,73, observándose que al incrementar la proporción de harina de Taro (*Colocasia esculenta*), el contenido de cenizas también incrementó.

Con respecto al contenido graso, se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$), siendo los tratamientos 1 y 3 los que presentaron el mayor contenido de grasa con valores de 19,11 y 19,77%, respectivamente. El alto contenido graso se debe a la incorporación del chocolate en su preparación. Así, estos resultados se encuentran por encima del valor mínimo (10%) que establece la NORMA NMX-F-006-1983 con respecto al contenido hetero en galletas. Por su parte, Johnst et al. (2022) al evaluar las características fisicoquímicas de galletas elaboradas con harina de trigo, challa y amaranto situaron un contenido graso $< 20\%$.

Para el contenido de fibra se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$). Los T3 y T7 presentaron mayor contenido de este macroelemento con valores de 4,48 y 4,69%. De esta forma, se demuestra que la inclusión del 10 y 20% de harina de amaranto influye positivamente en el incremento del contenido de fibra. Además, estos valores fueron similares a los presentados por Man et al. (2017), quienes en una concentración de 30% de harina de *Amaranthus* spp. determinaron un valor de 4,7%. Además, Cabrera-Mera et al. (2023) determinaron valores que oscilaron entre 4,39 y 9,38% al sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de chocho (*Lupinus mutabilis*).

Las proteínas son macromoléculas esenciales en las dietas, su concentración favorece a la hidratación y consistencia de galletas (Sahagun & Gómez, 2018). El contenido de proteína se situó en el rango 7,69 - 8,37%, existiendo diferencias significativas entre la media de los tratamientos ($p < 0.05$). Dichas concentraciones cumplen con lo requerido en la Norma NTE INEN 519 la cual establece valores superiores a 3%. Sin embargo, estos fueron inferiores (16.65%) a los resultados reportados por Abotaleeb y Arafa (2021), quienes analizaron las características físico químicas de galletas elaboradas con mezclas de avena y banano. Los valores obtenidos fueron similares a los reportados por Ochoa et al. (2018) quienes evaluaron las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de galletas obtenidas a partir de mezclas de harina de camote con trigo.

Tabla 4. Caracterización bromatológica de las galletas con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum* spp.) por harina de amaranto (*Amaranthus* spp.)

Table 4. Bromatological characterization of cookies with partial substitution of wheat flour (*Triticum* spp.) by amaranth flour (*Amaranthus* spp.)

Tratamientos	Humedad (%)	Cenizas (%)	Grasa (%)	Fibra (%)	Proteína (%)
T1	2,99 ^b	2,07 ^a	19,11 ^b	3,69 ^a	7,69 ^b
T3	1,87 ^a	2,02 ^a	19,77 ^b	4,48 ^b	7,22 ^a
T7	2,94 ^b	2,31 ^a	17,84 ^a	4,69 ^b	8,37 ^c
C.V.(%)	0,24	0,07	0,05	0,12	0,07

Letras diferentes representan diferencias significativas entre los tratamientos (Tukey $p < 0,05$).

3.3 Análisis microbiológicos

Los resultados obtenidos en las evaluaciones sensoriales y fisicoquímicas determinaron que el mejor tratamiento fue el T7, al cual se le realizó análisis microbiológico (Tabla 5), observándose $0,31 \times 10^3$ UFC de aerobios mesófilos y ausencia en mohos y levaduras, estos resultados son idóneos y la vez similares con lo presentado por Olivares et al. (2017) quien valoró la presencia de aerobios mesófilos, mohos y levaduras en galletas elaboradas a partir de harina compuesta de linaza, avena y trigo. De la misma manera, es importante indicar que la presencia de microorganismos analizados, demuestran que el T7 cumple con los requisitos de calidad establecido por la norma INEN NTE 1529-10.

Tabla 5. Análisis microbiológico del tratamiento que presentó mejor caracterización bromatológica
Table 5. Microbiological analysis of the treatment that presented the best bromatological characterization

Tratamiento	Aerobios mesófilos UFC/g*	Mohos y levaduras UFC/g*
T1	0,31x10 ³	Ausencia

4. Conclusiones

La incorporación de HA y chocolate en la elaboración de galletas tuvo como objetivo aprovechar los nutrientes presentes en el cereal en la elaboración de un alimento libre de gluten. Se observó que el T1, T4 y T7 tuvieron mayor aceptación en las características organolépticas evaluadas por parte del panel sensorial. Se evidenció variabilidad en la apreciación de la intensidad del atributo color café y crema, olor a cacao, sabor dulce, salado, amargo y astringente, mientras que las categorías del perfil textura no presentaron incidencia. Con respecto a las características bromatológicas, se concluye que al emplear 20% de harina de amaranto + 0% chocolate (T7) se obtiene un producto de buena calidad nutricional con alto contenido de proteína, fibra, cenizas; así mismo, se confiere un bajo porcentaje de humedad y grasas. La caracterización microbiológica demostró que el producto evaluado es inocuo, siendo apto para el consumo humano. Así, las aplicaciones prácticas mediante la adición de harina de amaranto diversifican los productos de harina de trigo, siendo efectivo por las ventajas sensoriales y bromatológicas de las galletas.

Contribuciones de los autores

Conceptualización, K.R.E.; metodología, M.C.P.; software, J.A.M.; validación, R.B.Z, V.O.T.; análisis formal, C.T.B.; investigación, M.C.P.; recursos, M.C.P, J.A.M; conservación de datos, J.A.C.; redacción-redacción del borrador original, K.R.E, C.T.B.; redacción-revisión y edición, J.A.M.; visualización, J.A.M. V.O.T; supervisión, R.B.Z.; administración del proyecto, C.T.B.; obtención de financiación, J.A.C. Todos los autores han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito.

Conflicto de interés

Los autores declaran no tener conflictos de interés con la presenta investigación.

5. Referencias

- Abotaleb, H., & Arafa, R. (2021). Quality characteristics of gluten-free cookies prepared from oat and unripe banana flour blends. *Egyptian Journal of Food Science*, 49: 187–198. <https://doi.org/10.21608/ejfs.2021.55588.1088>
- Adekunle-Ayo, J. (2021). The effect of amaranth grain flour on the quality of bread. *International Journal of Food Properties*, 4: 341-351. <https://doi.org/https://doi.org/10.1081/JFP-100105198>
- Aguilera-Cauchich, E. A., Solís-Fernández, K. Z., Ibarra-Morales, A., Cifuentes-Velásquez, R., & Sánchez-del Pino, I. (2021). Amaranto: distribución y diversidad morfológica del recurso genético en partes de la región Maya (sureste de México, Guatemala y Honduras). *Acta Botanica Mexicana*, 28(128): 1–14. <https://doi.org/10.21829/abm128.2021.1738>
- Aldas-Morejon, J., Otero-Tuarez, V., Revilla-Escobar, K., Carrillo-Pisco, M., & Sánchez-Aguilera, D. (2023). Incidencia del tostado sobre las características fisicoquímicas y alcaloides de la cascarrilla de cacao (*Theobroma cacao*) y su efecto en las propiedades organolépticas de una infusión. *Agroindustrial Science*, 13(1): 15-21. <https://doi.org/https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/5201>
- Arti, C., Dharmesh, C. S., Sukhcharn, S., & Fatih, Y. (2016). Physical, textural, and sensory characteristics of wheat and amaranth flour blend cookies. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1): 125773. <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1125773>
- Badia-Olmos, C., Laguna, L., Haros, C. M., & Tárrega, A. (2023). Techno-functional and rheological properties of alternative plant-based flours. *Foods*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/foods12071411>
- Bayrakci, I. (2024). Effects of Gluten on Health : Pseudocereals as Gluten Substitutes. In *Innovations in Engineering and Food Science* (pp. 318–320). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-0819-6.ch013>
- Cabrera-Mera, V., Benavides-Panchana, J., Cortez-Espinoza, A., Aldas-Morejon, J., & Revilla-Escobar, K. Y. (2023). Sustitución parcial de la harina de trigo (*Triticum aestivum* L.) por harina de chocho (*Lupinus mutabilis*) en la elaboración de galletas. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 10(2): 23-32. <https://doi.org/https://doi.org/10.23850/24220582.5736>
- Chauhan, N., Chaudhary, V., Singh, S., & Singh, B. R. (2022). Effect on physico-chemical properties of cookies during storage. *Pharma Innovation Journal*, 11(1): 1046–1048. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2022/vol11issue1/PartO/11-1-72-846.pdf>
- Gaibor-Monar, F. M., Torres-Cadena, J. P., & Yépez-Martínez, L. V. (2020). Valor nutricional de las galletas a base de amaranto y quinua asociado a la aceptabilidad microbiológica. *Revista: Caribeña de Ciencias Sociales*, 10(8). <https://doi.org/https://www.eumed.net/rev/caribe/2016/12/galletas.html>
- Guardianelli, L. M., Salinas, M. V., & Puppo, M. C. (2019). Hydration and rheological properties of amaranth-wheat flour dough: Influence of germination of amaranth seeds. *Food Hydrocolloids*, 97: 105242. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105242>

- Hamzhepour, R., & Ahmadi-Dastgerdi, A. (2023). The effects of quinoa and amaranth flour on the qualitative characteristics of gluten-free cakes. *Internacional Journal of Foods Science*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2023/6042636>
- Huiyu, H., Yuting, W., Mingyue, S., Yousheng, H., Chang, L., Shaoping, N., & Mingyong, X. (2022). Effects of baking factors and recipes on the quality of butter cookies and the formation of advanced glycation end products (AGEs) and 5-hydroxymethylfurfural (HMF). *Curr Res Food Sci*, 5: 940–948. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2022.05.012>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN] (2012). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0518. Harinas de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento. Servicio Ecuatoriano de Normalización, Quito, Ecuador. <https://archive.org/details/ec.nte.0518.1981>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (1981). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0520. Harinas de origen vegetal. Determinación de la ceniza. Servicio Ecuatoriano de Normalización, Quito, Ecuador. <https://archive.org/details/ec.nte.0520.1981>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (1980). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0523. Harinas de origen vegetal. Determinación de la grasa. Servicio Ecuatoriano de Normalización, Quito, Ecuador. <https://ia802909.us.archive.org/25/items/ec.nte.0523.1981/ec.nte.0523.1981.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN] (2012). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0519. Harinas de origen vegetal. Determinación de la proteína. Servicio Ecuatoriano de Normalización, Quito, Ecuador. <https://ia802906.us.archive.org/28/items/ec.nte.0519.1981/ec.nte.0519.1981.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN] (1980). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0522. Harinas de origen vegetal. Determinación de la fibra cruda. Servicio Ecuatoriano de Normalización, Quito, Ecuador. <https://ia801902.us.archive.org/6/items/ec.nte.0522.1981/ec.nte.0522.1981.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN] (1980). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 0616. Harinas de trigo. Requisitos. Servicio Ecuatoriano de Normalización, Quito, Ecuador. <https://studylib.es/doc/5531663/nte-inen-0616--harina-de-trigo.-requisitos>
- Johnst, M.I., Avila-Nava, A., Alarc, S. L., & Corona, L. (2022). Development of a functional cookie formulated with chaya. *Molecules*, 27, 2–14. <https://www.mdpi.com/1420-3049/27/21/7397>
- Liu, S. X., & Chen, D. (2023). Novel gluten-free amaranth and oat flour cookies fortified with soybean hulls. *Food and Nutrition Sciences*, 14(08), 699–719. <https://doi.org/10.4236/fns.2023.148046>
- Luis, G. M., Hernández-Hernández, RB., Caballero, V. P., Torres-López, G., Espinoza Martínez, VA & Pacheco, L. R. (2018). Usos actuales y potenciales del amaranto (*Amaranthus* spp.). *Journal of Negative and No Positive Results*, 3(6), 423–436. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.2410>
- Man, S., Păucean, A., Muste, S., Chiș, M.-S., Pop, A., & Ianoș, I.-D. (2017). Assessment of amaranth flour utilization in cookies production and quality. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 23(2), 97–103. [https://journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/89991L20_Simona_Man_2017_23\(2\)_97-103.pdf](https://journal-of-agroalimentary.ro/admin/articole/89991L20_Simona_Man_2017_23(2)_97-103.pdf)

- Niland, B., & Cash, B. D. (2018). Health benefits and adverse effects of a gluten-free diet in non-celiac disease patients. *Gastroenterology & Hepatology*, 14(2), 82–91. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5866307/>
- Ochoa, L., Pensaben, J., Trancoso, N., Quiñonez, O., & Vázquez, K. (2018). Evaluación sensorial y propiedades fisicoquímicas de galletas suplementadas con harina de camote (*Ipomoea batatas* L.). *AP Agro Productividad*, 11(7), 113–119.
- Olivares, J., Barboza, Y., & Rangel, L. (2017). Formulation and evaluation physicochemical, microbiological and sensory of enriched cookies with linseed as functional food. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 36(4), 106–113. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=55952806003>
- Patel, AC., Pandaya, AJ., Gopikrishna, G., Priyanka, S., Patel, Shendurse, AM., & Chaudhary, MK. (2020). Development of Gulabjamun by incorporating the *Amaranthus hypochondriacus* L. (Rajgara). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(3), 1913–1918. <https://doi.org/10.22271/phyto.2020.v9.i3af.11596>
- Rajini, I., Mahendran, T., & Roshana, M. R. (2021). Evaluation of Storage Stability of Cookies made from Breadfruit Flour. *Sri Lankan Journal of Technology*, 2, 32–39. https://seu.ac.lk/sljot/publication/v2n2/SLJoT_2021_02_006.pdf
- Sandoval-Sicairos, E. S., Milán-Noris, A. K., Luna-Vital, D. A., Milán-Carrillo, J., & Montoya-Rodríguez, A. (2021). Anti-inflammatory and antioxidant effects of peptides released from germinated amaranth during in vitro simulated gastrointestinal digestion. *Food Chemistry*, 343, 128394. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128394>
- Sarker, U., & Oba, S. (2020). Nutritional and bioactive constituents and scavenging capacity of radicals in *Amaranthus hypochondriacus*. *Scientific Reports*, 10(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71714-3>
- Sindhuja, A., Sudha, M., Sudha, M., & Rahim, A. (2015). Effect of incorporation of amaranth flour on the quality of cookies. *European Food Research and Technology*, 221(5), 597–601. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.007/s00217-005-0039-5>
- Skwaryło-Bednarz, B., Stępnia, P. M., Jamiołkowska, A., Kopacki, M., Krzepińko, A., & Klikocka, H. (2020). Amaranth seeds as a source of nutrients and bioactive substances in human diet. *Acta Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus*, 19(6), 153–164. <https://doi.org/10.24326/ASPHC.2020.6.13>
- Soriano-García, M., & Aguirre-Díaz, I. S. (2019). Nutritional functional value and therapeutic utilization of amaranth. In V. Y. Waisundara (Ed.), *Valor Nutricional del Amaranto* (p. 7). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86897>
- Stănilă, A., Cioanca, B., Diaconeasa, Z., Stănilă, S., Sima, N., & Sima, R. M. (2019). Phytochemical composition and antioxidant activity of various grain amaranth cultivars. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(4), 1153–1160. <https://doi.org/10.15835/nbha47411714>

- Villanueva Flores, R. V. (2014). El gluten del trigo y su rol en la industria de la panificación. *Ingeniería Industrial*, 32, 231–246. <https://doi.org/10.26439/ing.ind2014.n032.123>
- Toan, N. Van, Thi, P., Thanh, T., Chi, H., City, M., Ward, L. T., District, T. D., Chi, H., & City, M. (2018). Preparation and improved quality production of flour and the made biscuits from the taro 1-2. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 3(5), 71–79. <https://doi.org/10.18535/ijssrm/v10i2.nd02>
- Waselkov, K. E., Boleda, A. S., & Olsen, K. M. (2018). A phylogeny of the genus *Amaranthus* (Amaranthaceae) based on several low-copy nuclear loci and chloroplast regions. *Systematic Botany*, 43(2), 439–458. <https://doi.org/10.1600/036364418X697193>
- Xu, Y., Yang, J., Du, L., Li, K., & Zhou, Y. (2019). Association of whole grain, refined grain, and cereal consumption with gastric cancer risk: A meta-analysis of observational studies. *Food Science and Nutrition*, 7(1), 256–265. <https://doi.org/10.1002/fsn3.878>

2024 TECNOCIENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Diseño y prueba inicial de un instrumento para conocer el uso y consumo de la *Stevia rebaudiana* en Veracruz-Boca del Río

Design and initial test of an instrument to know the use and consumption of *Stevia rebaudiana* in Veracruz-Boca del Río

María-Guadalupe Sánchez-Otero¹, Alfonso Alexander-Aguilera¹, Carolina Díaz-González¹, Nohemí Waksman² y David Paniagua-Vega^{2,3*}

¹ Facultad de Bioanálisis, Universidad Veracruzana. Iturbide s/n esq. Carmen Serdán. Col. Centro, Veracruz, Ver., C.P. 91700. México.

² Departamento de Química Analítica, Facultad de Medicina, Universidad Autónoma de Nuevo León. Fco. I. Madero s/n. Col. Mitras Centro, Monterrey, N.L., C.P. 64460. México.

³ Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología, CDMX., C.P. 03940. México.

*Correspondencia: Correo electrónico: dpaniaguavega@gmail.com (David Paniagua-Vega)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v18i2.1392>

Recibido: 01 de noviembre de 2023; Aceptado: 04 de junio de 2024

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

Editora de Sección: Dra. Yolanda Salinas-Moreno

Resumen

En México la prevalencia de obesidad en población adulta es superior al 70 %, en particular el estado de Veracruz tiene una de las mayores prevalencias de sobrepeso y obesidad. El consumo de azúcar contribuye al desarrollo de estas enfermedades. Como alternativa los edulcorantes de *Stevia rebaudiana* (estevia), tienen gran aceptación. El diseño y validación de los instrumentos para recabar información sobre la estevia y sus productos es importante para reducir errores de los datos obtenidos. El objetivo de este trabajo fue diseñar y validar un instrumento sobre el uso y consumo de estevia en la zona conurbada Veracruz-Boca del Río. Se generó una encuesta inicial con 10 preguntas sobre el consumo y el conocimiento general de la población sobre estevia, cuya validación se realizó por 18 expertos que evaluaron la validez y fiabilidad de cada pregunta. Finalmente, se realizó una prueba inicial de desempeño (n=100) de la encuesta. De los encuestados, 88 % conoce de las propiedades atribuidas a estevia, 69 % padece alguna enfermedad relacionada con el consumo de azúcar y la mayoría percibió beneficios con el consumo de la planta. Se probó el desempeño de un instrumento sobre el uso y consumo de estevia que podría aplicarse a otras áreas urbanas.

Palabras clave: *Stevia rebaudiana*, encuesta, alimentos nutraceuticos, enfermedades crónicas.

Abstract

In Mexico, the prevalence of obesity in the adult population is greater than 70 %, in particular the state of Veracruz has one of the highest prevalences of overweight and obesity. Sucrose intake contributes to these disease developments. As an alternative, *Stevia rebaudiana* (estevia) edulcorants have great acceptance. The design and validation of the surveys to collect information about the stevia and its products is crucial to reduce errors in the data obtained. The aim of this work was to design and validate a survey regarding the use and consumption of stevia in the conurbated area of Veracruz-Boca del Río in Veracruz State. A survey with ten items was generated about consumption and general knowledge of population about the plant, it was validated by 18 experts of nutrition and food science experts that evaluated each item using a format focused in verifying validity and reliability. Finally, a performance test was carried out. 88 % of the respondents know about the properties attributed to stevia, 69 % has a diagnosed condition associated to sugar consumption and the majority perceived an improvement associated to stevia consumption. A survey to know about the use and consumption of stevia was design, validated and tested.

Keywords: *Stevia rebaudiana*, questionnaire, nutraceutical foods, chronic diseases.

1. Introducción

De acuerdo con el INEGI las enfermedades crónico-degenerativas no transmisibles tales como la diabetes mellitus, las enfermedades cardiovasculares, los tumores malignos y las patologías de hígado son las principales causas de mortalidad en México; entre el 2020 y el 2021 se sumó a estas causas el Covid-19, desplazando sólo a los tumores malignos y a las patologías del hígado (INEGI, 2021). El tratamiento de estas patologías genera grandes costos en intervenciones farmacológicas, médicas y de cirugía, tanto en el sector público como en el privado; la prevalencia de todas estas enfermedades guarda una estrecha relación con el alto consumo de azúcares añadidos. En particular, en la población mexicana en general se estimó que el 13 % de la energía diaria consumida proviene de azúcares añadidos (Sánchez-Pimienta *et al.*, 2016).

La diabetes mellitus afecta aproximadamente al 18.3 % de los mexicanos considerando tanto la diabetes diagnosticada y no diagnosticada (Bastro Abreu *et al.*, 2023), mientras que la prevalencia de la obesidad y el sobrepeso en la población mexicana es mucho más elevada. La Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSANUT) reveló que el 72.4 % de los mexicanos padecían sobrepeso y obesidad, se reportó también que más del 85 % de la población consume bebidas azucaradas diariamente (ENSANUT, 2021). Particularmente, en el estado de Veracruz el porcentaje de obesidad y sobrepeso en la población es variable entre los 212 municipios de los que este se conforma, oscilando entre el 20 % hasta casi al 50 %; entre los municipios con mayor prevalencia de estas patologías se encuentra el municipio de Veracruz con un 43 % de prevalencia de obesidad en población mayor a 20 años (ENSANUT, 2018).

En respuesta a esta problemática de salud surgen como posibles soluciones o mecanismos de prevención el uso de medicinas complementarias, alternativas, no convencionales o paralelas, que son aquellos modelos clínicos que no están integrados en el sistema sanitario institucional. La medicina tradicional es una parte fundamental y frecuentemente subestimada de los servicios de salud que se utilizan por gran parte de la población para mantener la salud, prevenir y tratar

enfermedades, y constituyen en muchos casos un pilar indispensable para el tratamiento y prevención de las enfermedades crónico-degenerativas. La Organización Mundial de Salud (OMS) recomienda en su plan estratégico 2014-2023 efectuar medidas prioritarias sobre el uso de la medicina tradicional y complementaria; así como la necesidad del fortalecimiento de la calidad, la seguridad, el uso adecuado y la eficacia mediante la reglamentación de los productos (OMS, 2013).

Entre las especies de interés para uso en medicina complementaria se encuentra la *Stevia rebaudiana*, cuyo uso como planta medicinal y como edulcorante se reconoce desde tiempos ancestrales; para su desarrollo requiere de alta intensidad lumínica y en condiciones óptimas puede alcanzar hasta 1m de altura (Ramírez-Jaramillo y Lozano-Contreras, 2017). Los responsables del sabor dulce de la estevia son los glucósidos de esteviol (GEs), éstos se encuentran en las hojas, raíces y flores de la planta, aunque la mayor concentración de GEs se encuentra en las hojas (Soejarto *et al.*, 2019)

Los GEs tienen un poder edulcorante 300 veces mayor que la sacarosa en su forma pura, una vez que son ingeridos, estos compuestos pasan completamente intactos a través del tubo gastrointestinal superior. En el colon, la microbiota intestinal hidroliza el esteviol que finalmente es absorbido y metabolizado por el hígado, en este órgano se transformará a glucorónido de esteviol cuya vía final de excreción es la orina (Aldrete-Velasco *et al.*, 2017). El consumo de *Stevia rebaudiana* es amplio en los países del sudeste asiático, en China, en Sudamérica y recientemente se ha generalizado su consumo en América del Norte y la Unión Europea. En relación a su actividad biológica para contrarrestar manifestaciones asociadas a obesidad y diabetes mellitus en países de Norte y Sudamérica se reportó que el consumo de infusión o preparados de hojas de estevia tiene efecto hipoglucemiante (Barbosa-Filho *et al.*, 2005). Si bien los efectos benéficos de los GEs han sido ampliamente evaluados, es deseable profundizar, evaluando si estos efectos se mantienen a largo plazo (OMS, 2023).

En México, la estevia se cultiva principalmente en Sinaloa, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Tamaulipas, Veracruz, Tabasco y Yucatán. Inicialmente los requerimientos de riego y luz dificultaron el cultivo masivo (Ramírez-Jaramillo y Lozano-Contreras, 2017). A pesar de las dificultades, en algunas zonas del estado de Veracruz desde la última década se cultiva con éxito, tal es el caso de la zona de San Andrés Tuxtla, Veracruz, en donde su producción se considera una fuente de empleo y una actividad prometedora (Thiébaud, Virginie y Fontecilla-Carbonell, 2017).

Ante el rápido aumento en la demanda y en el número de productos alimentarios que incorporan estevia en sus formulaciones (IMARC, 2023), se hace necesario conocer, por una parte, la dinámica de consumo y los factores que influyen en ella; así como la percepción de los beneficios asociados a estevia. En ese sentido, se han conducido encuestas en diversas partes del mundo, tal es el caso de Mu'izzuddin *et al.* (2020) que realizaron un estudio de intervención en estudiantes de ciencias médicas de Malasia, con una posterior encuesta para evaluar la percepción y aceptación del sabor de estevia, así como la apreciación de los cambios en la saciedad. En el caso de estudios dirigidos a la sociedad en general existen muy pocos trabajos, tal es el caso de la encuesta de Pielak *et al.* (2019) en Polonia, en la cual se evaluaron diferentes aspectos del consumo de estevia, tales como el conocimiento de la planta, la percepción del sabor, el tipo de productos preparados y la frecuencia de consumo.

En México, existe poca información en este sentido, un estudio con 1000 personas que se llevó a cabo en el 2014, en el que se evaluó su conocimiento y aceptación del uso de edulcorantes, se encontró que 84 % de los encuestados trataban de dejar el consumo de azúcar que consumían y que la mayoría

de ellos tenían una buena opinión del consumo de estevia, para su consumo como sustituto de endulzante no calórico (Kapica, 2014).

La validación de los instrumentos para recoger información (encuestas) es un área de oportunidad desde la etapa de su diseño, debido a que pocos estudios reportan datos de validación, lo que dificulta la obtención de información sobre prácticas y estándares comúnmente aceptados en el campo. Es innegable que la medición de las variables de investigación requiere de instrumentos válidos y confiables. En el caso de no contar con un instrumento pertinente nos enfrentamos a la necesidad de crear uno nuevo y de probar su fiabilidad y validez (Villavicencio-Caparó *et al.*, 2018). En particular, la validez de contenido no suele ser expresada de manera cuantitativa a través de un coeficiente, índice o valor, por lo general, se estima de manera subjetiva. El procedimiento más comúnmente empleado para determinar este tipo de validez es el que se conoce con el nombre de juicios de expertos, mediante el que se realiza una valoración por personas calificadas en el tema (Lacave Rodero *et al.*, 2015). Otra estrategia consiste en la aplicación de pruebas piloto con el grupo de población de interés (Petricí y Czárí, 2003).

Con base en el incremento de productos alimentarios preparados con estevia como edulcorante, que se encuentran disponibles en el mercado, así como a la creciente preocupación por la sustitución de edulcorantes calóricos por aquellos que no aportan calorías, se hace necesario contar con información actualizada del consumo de esta planta y sus derivados. El recopilar, analizar y difundir la información acerca de las presentaciones, los tipos de alimentos, así como la percepción de los beneficios a la salud de los consumidores de la estevia, puede ser de utilidad a la población consumidora, ya que los edulcorantes naturales denominados glucósidos de esteviol que produce estevia son sustancias generalmente reconocidas como seguras (GRAS) en una dosis de hasta 4 mg/kg de peso corporal/día (EFSA, 2015; JECFA, 2008). Por lo tanto, es de amplio interés su uso en el consumo de alimentos y bebidas endulzadas, la información recabada puede servir como base para otros estudios que exploren diferentes problemáticas relacionadas con el consumo de azúcares. Adicionalmente, será de utilidad a las pequeñas y medianas empresas innovadoras en el giro alimentario que busquen ofrecer alternativas en sus productos con bajo contenido de azúcares añadidos. Finalmente, la información podrá ser consultada por grupos de investigación en alimentos funcionales y nutraceuticos para proponer alternativas novedosas para el consumo de estevia.

Dado que la información sobre el consumo de estevia en nuestro país es limitada, el objetivo de este estudio fue diseñar y validar un instrumento que evalúe de forma general el uso, aceptación y frecuencia de consumo de estevia en la población abierta que reside en la zona conurbada de Veracruz-Boca del Río, que permitirá conocer la situación actual relacionada a las áreas de alimentos y la salud.

2. Materiales y métodos

2.1 Diseño del instrumento sobre el uso y consumo de estevia

Inicialmente para construir las opciones de respuesta de los primeros ítems se llevó a cabo una revisión sobre los edulcorantes no calóricos de estevia y la observación en campo de la diversidad de productos alimenticios que los contienen en la zona de Veracruz-Boca del Río. La población objetivo se definió como sociedad en general.

El diseño de la propuesta del instrumento de recolección de datos (encuesta inicial) se generó para cada *ítem* siguiendo la estructura del proceso de escritura, es decir, las etapas de preescritura, redacción y revisión, buscando la mejor comprensión del encuestado. Esto se realizó en una mesa de debate de los autores, con formación en el área de alimentos y ciencias de la salud y reuniones sucesivas con base en la bibliografía (Petric y Czár, 2003; Villavicencio-Caparó *et al.*, 2018).

2.2 Estrategia de validación del instrumento

La evaluación de la validez y la fiabilidad de cada pregunta o *ítem* del cuestionario inicial se estableció de manera subjetiva, mediante el procedimiento denominado juicios de expertos (Carvajal *et al.*, 2011). Primero, se diseñó un formato de revisión, después se seleccionó un grupo de expertos (hombres y mujeres) en el área de nutrición, químico-biológica y alimentos (Tabla 1) quienes realizaron el proceso de evaluación. Dicha evaluación consistió en tres etapas; 1) invitación y explicación inicial, 2) evaluación de la encuesta inicial con el formato de revisión (Tabla 2), 3) confirmación de la pertinencia las acciones realizadas (Tabla 3).

Tabla 1 Relación de evaluadores expertos

Table 1 List of expert evaluators

Numero de evaluador	Grado académico	Área de conocimiento/actividad	Sector
1	Maestría	Ciencias químico-biológicas/terapeuta de medicina alternativa	Privado
2	Maestría	Ciencias químico-biológicas /químico analista y profesor	Público, UANL
3	Licenciatura	Ciencias químico-biológicas/químico analista	Privado
4	Doctorado	Nutrición y ciencias de los alimentos/profesor investigador	Público, UAEM
5	Doctorado	Ciencias biológicas/ profesor investigador	Público, TecNM
6	Doctorado	Biotecnología y alimentos/profesor investigador	Público, UV/Privado UCC
7	Doctorado	Bioprocesos/profesor investigador	Público TecNM
8	Doctorado	Ciencias de los alimentos/profesor investigador	Público UV
9	Doctorado	Ciencias de los alimentos/profesor	Público TecNM
10	Licenciatura	Ciencias químico-biológicas/químico analista	Privado
11	Maestría	Medicina general y ciencias químico biológicas/profesor y medico	Privado y público, UV
12	Maestría	Nutricion y ciencias biológicas/profesor investigador	Privado UCC
13	Doctorado	Ciencias químicas/profesor investigador	Público, UANL

14	Doctorado	Ciencias investigador	químicas/profesor	Público, UANL
15	Doctorado	Ciencias investigador	químicas/profesor	Público, UANL
16	Doctorado	Ciencias investigador	químicas/profesor	Público, UANL
17	Doctorado	Ciencias investigador	químicas/profesor	Público, UANL
18	Doctorado	Biotecnología/profesor investigador		Público, UNPA

2.3 Aplicación de la encuesta piloto

El instrumento una vez revisado por los expertos, se difundió a la sociedad en general de la zona conurbada Boca del Río-Veracruz por vía electrónica utilizando principalmente Facebook y WhatsApp como medios para compartir la liga de la forma de Google (Google Forms) a la sociedad adulta en general de la zona conurbada Boca del Río-Veracruz. El muestreo fue por conveniencia, con un número de muestra de 100 encuestas respondidas. Los criterios de eliminación de los encuestados estaban incluidos en los *ítems* 1, 3 y 9.

3. Resultados y discusión

3.1 Revisión por expertos

Como producto de la revisión bibliográfica y el seguimiento de diferentes sesiones de trabajo, se generó una encuesta inicial que constaba de 10 *ítems* (Tabla 3). Con el objetivo de someterla a validación por el panel de expertos se generó un formato de validación (Tabla 2) que permitió al panel evaluar la fiabilidad y validez de cada uno de los *ítems* del instrumento inicial considerando del cumplimiento de las siguientes características: representatividad (el *ítem* describe adecuadamente), suficiencia (el *ítem* basta para obtener la respuesta), redundancia (la redacción y aparición del *ítem* no es repetitiva), relevancia (el *ítem* es fundamental o importante), diversidad (el *ítem* contempla todas las opciones), claridad (el *ítem* posee sintaxis y semántica adecuadas para ser comprendido), sencillez y comprensibilidad (el *ítem* es fácil de entender por la población en general). Se consideraron las observaciones y comentarios coincidentes para un mismo *ítem*.

Tabla 2. Formato de validación.**Table 2.** Format validation

No.	Pregunta	Variantes de respuestas
1	Los ítems del instrumento están organizados de acuerdo con el siguiente orden de ideas: a)Identificación general del(la) encuestado(a) b)Información básica con el tema de investigación c)Preguntas de Inicio d)Preguntas complementarias (directas e indirectas)	Si/No Observaciones
2	Tomando en cuenta que este instrumento está dirigido al público en general, ¿considera usted que el lenguaje y estructura del instrumento es entendible?	Si/No Observacione
3	Detecta usted alguna de las siguientes características en alguno de los ítems del instrumento, si marca SI en alguna casilla, favor de indicar en cual(es) de ellos Sesgo de algún tipo Representatividad Suficiencia Redundancia Relevancia Diversidad Claridad Sencillez Comprensibilidad	Si/No ¿Cuáles? Observaciones:
4	¿Detecta usted ambigüedad en los negativos de alguna de las preguntas?	Si/No ¿Cuáles? Observaciones:
5	¿Considera usted que hace falta considerar algún aspecto del uso de <i>Stevia rebaudiana</i> no incluido en los ítems del instrumento propuesto	Si/No ¿Cuáles? Observaciones
6	Finalmente, le solicitamos emitir una opinión general del instrumento	

La retroalimentación del panel de expertos, así como las acciones establecidas a partir de sus comentarios se muestran en la Tabla 3.

3.2 Prueba inicial de desempeño

Una vez que se incorporaron las observaciones del panel de expertos al instrumento, se procedió a verificar su validez por medio de una prueba preliminar a 100 personas. Socializando la encuesta mediante la liga <https://tinyurl.com/89ez4pn9> que fue distribuida a través de Facebook y WhatsApp hacia la población en general de la zona conurbada Veracruz-Boca del Río. No hubo registro de encuestas inválidas.

La prueba inicial de desempeño de la encuesta se aplicó a una población con un rango de edad entre los 18 y los 70 años; esta prueba mostró con el primer ítem que la mayoría de la población

encuestada, (88 %) conoce la planta de estevia, por lo que el resto de los ítems fueron contestados sólo por este universo. El segundo ítem puso de manifiesto que hay diversas alternativas por las que la estevia llegó al conocimiento de la población: medios impresos tradicionales tales como periódicos o revistas (3.4 %), tiendas de autoservicio y/o restaurante (21.0 %), redes sociales (7.9 %); también por recomendación, ya sea de conocidos (7.9 %), o de médicos (5.7 %); el 39.7 % de los encuestados recordaron haber conocido a estevia con más de una de las opciones antes mencionadas, lo que indica la importancia de estrategias de difusión convergentes, cabe destacar que el 6.8 % de total tuvo conocimiento de esta planta en eventos y foros académicos en diversas instituciones, lo que marca la relevancia de estos espacios para informar a la población. Sin embargo, el ítem tres reveló que no toda la población que señaló conocer estevia, la ha consumido, por lo que 76 individuos (86.3 %) continuaron la encuesta (Tabla 4).

Aunque los encuestados manifestaron haber probado estevia en diversas presentaciones, el polvo como sustituto de azúcar es la que goza de mayor preferencia y de mayor frecuencia en su consumo (63 %). En cuanto a la frecuencia se encontró que el 39.5 %, consume algún producto de estevia una vez al mes y el 21.1 % una vez al día.

Respecto al sabor de estevia, se observó que el 59.2 % de los encuestados lo perciben agradable, 9.2 % no encuentran diferencia con el azúcar de mesa y el 31 % lo consideran desagradable; esto concuerda con lo reportado por Pielak *et al.*, 2019, que en un estudio llevado a cabo en Polonia reportaron que el sabor de estevia tiene una aceptación variable en la población.

En cuanto a la percepción de algún efecto adverso asociado al consumo de estevia, el 1.3 % manifestó haber tenido algún efecto secundario tras la ingesta de estevia (dolor de estómago), esto contrasta con lo reportado, ya que entre los usos medicinales de la estevia se encuentran el tratamiento de dolores de estómago (Robins *et al.*, 2019).

El ítem nueve puso de manifiesto que la mayoría de los encuestados (52 personas, 67.5 %) señalaron saber que el consumo de estevia está relacionado a efectos benéficos en la salud, por lo que el resto de los ítems fueron contestados sólo por este universo. De ellos, 40.4 % la han incorporado a su dieta para el tratamiento y/o prevención de un padecimiento relacionado al control de la glucosa/calorías/peso/niveles de colesterol y/o triglicéridos; 13.5 % para el control de dos o más de estos padecimientos; de los cuales el 46.2 % han verificado este beneficio a través de estudios de laboratorio o consultas médicas, ya sea de medicina familiar o de especialistas en medicina interna, o consulta nutricional o bariátrica. Por otra parte, resulta relevante que un 46.2 % consumen estevia de manera preventiva, esto es indicativo de que la población encuestada del área Veracruz-Boca de Río está informada y toma acciones que impactan en su estilo de vida.

Tabla 3. Evaluación del cuestionario inicial.
Table 3. Initial questionnaire evaluation

Cuestionario inicial			Retroalimentación del registro de validación	
No.	Pregunta	Variantes de respuestas	Comentarios de los evaluadores/Frecuencia*	Acciones
0	Datos generales	Género	No hay opción para las personas que prefieren no contestar el género/2	Se agregó la opción “prefiero no contestar”
1	¿Conoce Usted acerca de la planta <i>Stevia rebaudiana</i> y/o sus productos?	Si/No (Si su respuesta es NO, aquí finaliza la encuesta)	Eliminar “acerca de” /1 A partir de la 2da pregunta utilizar “ estevia ” en lugar de nombre científico/4	Se eliminó “acerca de”. Se utilizó estevia en las siguientes preguntas
2	¿Por qué medio <i>conoció</i> <i>Stevia rebaudiana</i> y/o sus productos?	La radio/La televisión /Medios impresos (periódico o revistas)/Recomendación medica/Recomendación de un conocido	Considerar otros medios de conocer/6	Se agregó, redes sociales. Tienda de autoservicio y/o restaurantes
3	¿Alguna vez ha consumido la <i>Stevia rebaudiana</i> en cualquier producto?	Si/No (Si su respuesta es NO, aquí finaliza la encuesta)	En la pregunta, cambiar “cualquier por “algún” /1	Se cambió “cualquier por “algún”
4	¿En qué presentaciones ha consumido <i>Stevia rebaudiana</i> ?	Polvo/Líquido/Hojas molidas/Hojas enteras/Como ingrediente de Bebidas procesadas/Como ingrediente de alimentos procesados	Describir más específicamente la opción de “polvo”/2 Faltan opciones de productos mediante los cuales podrían consumir stevia/3 Quitar “procesados” ya que es para público en general/2	Polvo “(sustituto de azúcar de mesa)”. Se agregaron las opciones de “Como ingrediente de bebidas Como ingrediente de botanas (snacks) Como ingrediente de postres”
5	¿Qué presentación de <i>Stevia rebaudiana</i> consume más frecuentemente?	Polvo/Líquido/Hojas molidas/Hojas enteras/Como ingrediente de Bebidas procesadas/Como ingrediente de alimentos procesados	Describir más específicamente la opción de “polvo”/2 Faltan opciones de productos mediante los cuales podrían consumir estevia/3 Quitar “procesados” ya que es para público en general/2	Se agregaron las opciones de “Como ingrediente de bebidas Como ingrediente de botanas (snacks) Como ingrediente de postres”

6	¿Con qué frecuencia consume esta presentación de <i>Stevia rebaudiana</i> , que señaló en la pregunta anterior?	Más de 1 vez al día/1 vez al día/1 vez a la semana/1 vez al mes/Otro (especifique):	Sería interesante saber la percepción del sabor de los encuestados/2	Se agregó una nueva pregunta con dos opciones "¿Cómo considera el sabor de estevia? Agradable Desagradable"
7	¿Ha tenido algún síntoma adverso al consumir la <i>Stevia rebaudiana</i> ?	Ninguno/Vómitos/Dolor de estómago Náuseas/Otro (especifique):	Presenta sesgo, ya que esta "Ninguno" como primera opción". Modificar la pregunta a ¿Ha presentado algún(os) efecto(s) al consumir estevia? Y y juntar "Náuseas ó vómito" y agregar "Alergia"/3	Se movió "Ninguno" a la última opción. Se modificó la pregunta a ¿Ha presentado algún(os) efecto(s) al consumir estevia? Y se unió "Náuseas ó vómito" y se agregó "Alergia"
8	¿Sabía usted que al consumo de <i>Stevia rebaudiana</i> se le atribuyen beneficios en la salud?	Si/No (Si su respuesta es NO, aquí finaliza la encuesta)	--	--
9	¿Consume <i>Stevia rebaudiana</i> para ayudar en el tratamiento de alguno de los siguientes padecimientos?	Control de la glucosa (azúcar)/Control de la presión arterial/Control de colesterol y/o triglicéridos/Control de peso	--	--
10	¿Ha percibido algún beneficio al consumir la <i>Stevia rebaudiana</i> ?	Control de la glucosa (azúcar)/Control de la presión arterial/Control de colesterol y/o triglicéridos/Control de peso/Otro (especifique):	Falta la opción "ningún beneficio"/2 Preguntar si la percepción del beneficio fue verificada por algún profesional/4	Se agregó la opción de "ninguno" Se agregó una pregunta con las siguientes opciones de respuesta. "En relación al beneficio obtenido al que hace referencia la pregunta anterior: ¿Ha sido verificado por alguno de los siguientes medios?" Análisis de laboratorios Consulta médica Consulta médica de especialidad (medicina interna, endocrinólogo, etc.) Consulta nutricional/bariátrica Ninguna

*Frecuencia del comentario en los 18 evaluadores expertos

Tabla 4. Cuestionario validado.
Table 4. Validated questionnaire

Cuestionario validado			Respuestas de la prueba piloto	
No.	Pregunta	Variantes de respuestas	Frecuencia/ Porcentaje	Observaciones
1	¿Conoce usted la planta llamada estevia (<i>Stevia rebaudiana</i>) y/o sus productos?	Si No (Si su respuesta es NO, aquí finaliza la encuesta)	12/12 % 88/88 %	-
2	¿Por qué medio conoció estevia y/o sus productos?	La radio La televisión Medios impresos (periódico o revistas) Recomendación médica Recomendación de un conocido Redes sociales Tiendas de autoservicio y/o restaurantes Otro + *	0/0 % 6/6.8 % 3/3.4 % 5/5.7 % 7/7.9 % 7/7.9 % 19/21.6 % 41/46.6 % 6/6.8 % 35/39.7 %	En instituciones y eventos académicos
3	¿Alguna vez ha consumido estevia, como endulzante, en algún producto (bebida, postres, snacks, etc.)?	Si No (Si su respuesta es NO, aquí finaliza la encuesta)	76/86.4 % 12/13.6 %	-
4	¿En qué presentaciones ha probado estevia como endulzante?	Polvo(sobrecitos de sustituto de azúcar de mesa) Líquido Hojas molidas Hojas enteras Como ingrediente de bebidas Como ingrediente de botanas (snacks) Como ingrediente de postres Otro *	35/46.1 % 0 0 0 1/1.3 % 0 0 0 40/52.6 %	-
5	¿Qué presentación de estevia consume más frecuentemente?	Polvo(sobrecitos de sustituto de azúcar de mesa) Líquido Hojas molidas	48/63.3 % 1/1.3 % 1/1.3 %	

		Hojas enteras	1/1.3 %	
		Como ingrediente de bebidas	0/	
		Como ingrediente de botanas (snacks)	1/1.3 %	
		Como ingrediente de postres	1/1.3 %	
		Otro	23/30.3 %	
		+	4/5.4 %	No lo recuerdan
		*	19/25 %	
6	¿Con qué frecuencia consume esta presentación de estevia que señaló en la pregunta anterior?	1 vez al día	16/21.1 %	
		Más de 1 vez al día	4/5.3 %	
		1 vez a la semana	12/15.8 %	
		1 vez al mes	30/39.5 %	
		Otro (especifique):	14/18.4 %	Consumo ocasional
7	¿Cómo considera el sabor dulce de estevia en comparación con el azúcar?	Agradable	45/59.2 %	
		Desagradable	24/31.6 %	
		No percibo cambio de sabor	7/9.2 %	
8	¿Ha presentado algún(os) efecto(s) al consumir estevia?	Alergia	0	
		Dolor de estómago	1/1.3 %	
		Náuseas o vómito	0/	
		Otro (especifique):	0	
		Ninguno	75/98.7 %	
9	¿Sabe usted si al consumo de estevia se le atribuyen beneficios a la salud?	Si:	52/68.4 %	
		Cuáles:		Principalmente control de glucosa y peso
		No	24/31.6 %	
		(Si su respuesta es No, aquí finaliza la encuesta)		
10	¿Consume estevia para ayudar en el tratamiento de alguno de los siguientes padecimientos?	Control de la glucosa (azúcar)	7/13.5 %	
		Control de la presión arterial	2/3.8 %	
		Control de colesterol y/o triglicéridos	1/1.9 %	
		Control de peso	11/21.2 %	
		Otro (especifique):	31/59.6 %	
		+	24/46.2 %	De forma preventiva
		*	7/13.5 %	
11	¿Ha tenido algún beneficio al consumir estevia?	Control de la glucosa (azúcar)	8/15.4 %	
		Control de la presión arterial/	0/	
		Control de colesterol y/o triglicéridos	0/	
		Control de peso	9/17.3 %	
		No	21/40.4 %	
		Otro (especifique):	14/26.9	
		+	1/1.9 %	No sabe
		*	13/25.0 %	

12	Con relación al beneficio obtenido al que hace referencia la pregunta anterior: ¿Ha sido verificado por alguno de los siguientes medios?	Análisis de laboratorios	10/19.2 %	-
		Consulta médica	2/3.8 %	
		Consulta médica de especialidad (medicina interna, endocrinólogo, etc.)	5/9.6 %	
		Consulta nutricional/bariátrica/	7/13.5 %	
		Ninguna	28/53.8 %	

NOTA 1: Los porcentajes se fueron ajustando al 100 % de acuerdo al número de respuestas afirmativas en los ítems 1, 3 y 9.

NOTA 2: En la opción de “otros” se presenta el total de respuestas, que se desglosan en+ y *.

*Seleccionaron más de una opción. +Mencionaron nuevas opciones

4. Conclusiones

Se logró diseñar un instrumento para recabar información sobre el uso y consumo de *Stevia rebaudiana* desde dos perspectivas: primeramente, se comprobó la validez de cada ítem a través del análisis y escrutinio de un panel de expertos en áreas relacionadas al análisis de alimentos y la salud. Al realizar las acciones fundamentadas con base en las observaciones del panel, la validez y la fiabilidad del instrumento quedaron aprobadas. Posteriormente, con una prueba inicial del desempeño de la encuesta se verificó la validez del instrumento en el grupo objetivo con una muestra (n=100). La prueba piloto sugiere que un alto porcentaje (88 %) de la población entrevistada conoce la *Stevia rebaudiana* y diversos productos que la contienen, relacionan el consumo de la planta con beneficios en la prevención y tratamiento de enfermedades crónico-degenerativas, y además parte de la población encuestada consume estevia a manera de prevención de estas enfermedades. Estos resultados nos permitieron conocer el uso y consumo de *Stevia rebaudiana* de los encuestados y muestran la factibilidad de la aplicación de la encuesta en un tamaño muestral estadísticamente significativo que posteriormente permita hacer inferencias poblacionales adecuadas.

Conflicto de interés

Los autores manifiestan que no existe conflicto de intereses en la publicación de estos resultados.

5. Referencias

- Aldrete-Velasco J, López-García R, Zúñiga-Guajardo S, Riobó-Serván P, Serra-Majem L, Suverza-Fernández A., Laviada-Molina, H. *et al.* 2017. Análisis de la evidencia disponible para el consumo de edulcorantes no calóricos. *Documento de expertos. Med. Interna Méx.*, 33(1): 61-83. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-48662017000100061&lng=es
- Barbosa-Filho, J. M., Vasconcelos, T. H., Alencar, A. A., Batista, L. M., Oliveira, R. A., Guedes, D. N., ... & Modesto-Filho, J. 2005. Plants and their active constituents from South, Central, and North America with hypoglycemic activity. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 15(5): 392-413. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2005000400021>
- Basto-Abreu, A., López-Olmedo, N., Rojas-Martínez, R., Aguilar-Salinas, C. A., Moreno-Banda, G.L., Carnalla, M., Rivera, J.A., Romero-Martínez, M., Barquera, S., & Barrientos-Gutiérrez, T. 2023. Prevalencia de prediabetes y diabetes en México: Ensanut 2022. *Salud Pública de México* 65: 1-6. <https://saludpublica.mx/index.php/spm/article/view/14832>
- Carvajal, A., Centeno, C., Watson, R., Martínez, M., & Sanz Rubiales, Á. 2011. ¿Cómo validar un instrumento de medida de la salud? *Anales del Sistema Sanitario de Navarra* 34(1): 63-72. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272011000100007

- EFSA. 2015. Panel on Food Additives and Nutrient Sources added to Food. Scientific opinion on the safety of the proposed amendment of the specifications for steviol glycosides (E 960) as a food additive. *EFSA Journal* 13(12): 4316. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4316>
- ENSANUT. 2018. Prevalencia de obesidad, hipertensión y diabetes para los municipios de Veracruz de Ignacio de la Llave, 2018. Principales resultados. <https://goo.su/PYkxKpy>
- ENSANUT. 2021. <https://ensanut.insp.mx/encuestas/ensanutcontinua2021/>
- IMARC Group. 2023. Stevia Market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2023-2028. <https://goo.su/xOmad>
- INEGI. 2021. <https://goo.su/ljU1sUO>
- JECFA. 2008. The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives. Summary and Conclusions of the 69th meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). <https://goo.su/JBSfBKa>
- Kapica, C. 2014. Consumer perception in Mexico around the use of stevia in foods and beverages to reduce sugar intake (631.3). *The FASEB Journal Nutrition*, 28(S1). https://doi.org/10.1096/fasebj.28.1_supplement.631.3
- Lacave Rodero, C., Molina Díaz, A. I., Fernández Guerrero, M., & Redondo Duque, M. Á. 2015. Análisis de la fiabilidad y validez de un cuestionario docente. In Actas de las XXI Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática (pp. 136-143). *Universitat Oberta La Salle*. <http://hdl.handle.net/2117/76844>
- Mu'izzuddin, A., Norazirah, M. N., Hanim, A., Haziq, M., & Ohn Mar, S. 2020. Acceptance of Stevia as a Sugar Substitute and its Determinants among Health Educated Individuals and its Determinants. *Curr Res Nutr Food Sci*. 8(1). <http://dx.doi.org/10.12944/CRNFSJ.8.1.21>
- OMS. (2023). Uso de edulcorantes sin azúcar: resumen de la directriz de la OMS. Organización Mundial de la Salud. ISBN 978-92-4-008357-8. <https://goo.su/DScOmmR>
- OMS. 2013. Estrategia de la OMS sobre medicina tradicional (2014-2023). https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/95008/9789243506098_spa.pdf?sequence=1
- Petrić, B., & Czár, B. 2003. Validating a writing strategy questionnaire. *System*, 31(2): 187-215. [https://doi.org/10.1016/S0346-251X\(03\)00020-4](https://doi.org/10.1016/S0346-251X(03)00020-4)
- Pielak, M., Czarniecka-Skubina, E., Trafialek, J., & Głuchowski, A. 2019. Contemporary trends and habits in the consumption of sugar and sweeteners—A questionnaire survey among poles. *International journal of environmental research and public health*, 16(7): 1164. <https://doi.org/10.3390/ijerph16071164>
- Ramírez-Jaramillo, G., & Lozano-Contreras, M.G. 2017. La producción de *Stevia rebaudiana* Bertoni en México. *Agroproductivida* 10(8): 84-90. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1080>
- Robins, A., Radha, K., Sathian, C. T., Geetha, R., & Beena, A. K. 2019. Development of low-calorie goat milk ice cream by using stevia leaf powder. *The Pharma Innovation Journal*, 8(1): 296-299. <https://www.thepharmajournal.com/archives/2019/vol8issue1/PartF/7-8-120-895.pdf>

- Sánchez-Pimienta, T. G., Batis, C., Lutter, C. K., & Rivera, J. A. 2016. Sugar-sweetened beverages are the main sources of added sugar intake in the Mexican population. *The Journal of nutrition*, 146(9): 1888S-1896S. <https://doi.org/10.3945/jn.115.220301>
- Soejarto, D. D., Addo, E. M., & Kinghorn, A. D. 2019. Highly sweet compounds of plant origin: From ethnobotanical observations to wide utilization. *Journal of ethnopharmacology*, 243, 112056. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2019.112056>
- Thiébaud, Virginie y Fontecilla-Carbonell. 2017. El cultivo de stevia en Veracruz: ¿Un proyecto de desarrollo? *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 14(2): 239-262. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=360552092005>
- Villavicencio-Capará, E., Ruiz-García, V., & Cabrera-Duffaut, A. 2018. Validación de cuestionarios. *Revista OACTIVA UC Cuenca* 1(3):75-80. Universidad Católica de Cuenca. <file:///C:/Users/Viridiana/Downloads/evillavicencioc,+Validaci%C3%B3n+de+cuestionarios+corrección+2-7-1.pdf>

2024 TECNOCIENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Extracción de mucílago, evaluación de la actividad antioxidante y el contenido total de fenoles de cuatro variedades de *Opuntia ficus-indica*

Extraction of mucilage, evaluation of antioxidant activity and total phenolic content of four varieties of *Opuntia ficus-indica*

Francisco del Anghel Valenzuela-Zapata¹, Luisa Fernanda Treviño-Martínez¹, Rigoberto Eustacio Vázquez-Alvarado², David Paniagua-Vega¹, Aurora de Jesús Garza-Juárez¹ y Perla Giovanna Silva-Flores^{1*}

¹ Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Medicina, Monterrey, N.L., México.

² Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Escobedo, N.L., México.

*Correspondencia: m.c.perlasilva@gmail.com (Perla Giovanna Silva-Flores)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v18i2.1395>

Recibido: 13 de enero de 2024; Aceptado: 14 de mayo de 2024

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

Editor de Sección: Dr. León Hernández-Ochoa

Resumen

Los extractos de plantas son una rica fuente de compuestos naturales con propiedades antioxidantes, con potencial aplicación en la prevención o tratamiento de enfermedades crónico degenerativas de importancia en nuestro país. Los cladodios de *Opuntia ficus-indica* son una fuente de mucílago, un complejo de fitoquímicos y otros nutrientes, el cual podría representar un nutraceutico natural con una importante capacidad antioxidante. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la técnica de extracción de licuado-centrifugado de *Opuntia ficus-indica*, con diferentes solventes, calculando el porcentaje de rendimiento de extracción, contenido total de fenoles y capacidad antioxidante como equivalentes de Trolox de diferentes variedades de *O. ficus-indica*. La técnica de extracción permitió obtener mucílagos con porcentajes de rendimiento mayores a 10 %. La variedad Jalpa presentó la mejor capacidad antioxidante con 0.616 μ moles ET/ g peso seco y un mayor contenido de fenoles con 10.35 ± 0.95 mg EAG/g peso seco. El mucílago obtenido tiene propiedades que lo recomiendan como un material natural que puede utilizarse como potencial antioxidante.

Palabras clave: *Opuntia ficus-indica*, mucílago, cladodio, antioxidante, fenoles.

Abstract

Plant extracts are a rich source of natural compounds with antioxidant properties with potential application in the prevention or treatment of chronic degenerative diseases of importance in our country. *Opuntia ficus-indica* cladodes are a source of mucilage, a complex of phytochemicals and other nutrients, which could represent a natural nutraceutical with an important antioxidant capacity. The objective of the present work was to evaluate the liquefied-centrifuged extraction technique of *Opuntia ficus-indica*, determining the extraction yield, total phenol content and antioxidant capacity as Trolox equivalents of different varieties of *O. ficus-indica*. The extraction technique allowed obtaining mucilage with yield percentages higher than 10 %. The Jalpa variety showed the major antioxidant capacity with 0.616 $\mu\text{moles TE/g}$ dry weight and the highest phenols content with $10.35 \pm 0.95 \text{ mg GAE/g}$ dry weight. The mucilage obtained has properties that recommend it as a natural material that can be used as a potential antioxidant.

Keywords: *Opuntia ficus-indica*, mucilage, cladode, ABTS, phenolic content.

1. Introducción

El nopal es una planta muy mexicana, tanto que está presente en el escudo de la bandera nacional, como un elemento imprescindible en el mito fundacional de la gran Tenochtitlan (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2016). El nopal (*Opuntia ficus-indica*) pertenece a la familia de las *Cactaceae*, que crecen en ambientes semiáridos y áridos formando grandes cladodios. México es uno de los principales productores de hortalizas, de los cuales el nopal ocupa el 2.59 % de la superficie agrícola nacional, gracias a su capacidad de crecer en tierras donde otros cultivos no prosperan, y esto lo convierte en el principal sustento de muchas familias, debido a sus múltiples usos en la industria de la alimentación, ganadera, farmacéutica, cosmética, entre otras (Reyes-Terrazas *et al.*, 2023).

El nopal cuenta con tres partes de su estructura que son aptas para el consumo humano: el cladodio o penca, la tuna y el xoconostle (CONABIO, 2023). Los cladodios de nopal representan una fuente de fitoquímicos, así como de fenólicos, flavonoides, minerales y otros nutrientes (Messina *et al*, 2020). Los cladodios contienen en su parénquima un compuesto heteropolisacárido llamado mucílago. Según estudios previos se ha reportado que esta macromolécula está compuesta en mayor proporción de pectina, y una mezcla de monosacáridos de L-arabinosa, D-galactosa, L-ramnosa y D-xilosa, y ácido galacturónico, componentes principales presentes en diferentes proporciones dependiendo la extracción del mucílago (Flores-Alcántara, 2015). Una de las funciones más importantes del mucílago en el nopal es el transporte y retención de agua, lo cual es de importancia en periodos de sequía, provocando un aumento en el contenido de mucílago como forma de protección de los cladodios. De acuerdo con Goldstein *et al* (1991) esto puede ser debido a modificaciones, tanto físicas como químicas, como el cambio en la viscosidad, causado por la concentración de solutos presentes en la planta. El mucílago, también conocido como “baba de nopal”, cuenta con propiedades terapéuticas, atribuidas principalmente a su composición química, entre las que se encuentran la actividad antioxidante, antidiabética, antihipertensiva e hipocolesterolémica, entre otras (Bocanegra Alonso *et al.*, 2021, Manzo *et al.*, 2020). Por lo tanto, el mucílago representa una alternativa de origen natural para el tratamiento de diversas enfermedades crónico-degenerativas relacionadas con el estrés oxidativo. Sin embargo, existe evidencia de que la

técnica y las condiciones de extracción influyen en el rendimiento y la composición del mucílago extraído, y, por lo tanto, en su capacidad antioxidante. Debido a lo anterior, el presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la técnica de extracción del mucílago, así como la capacidad antioxidante y el contenido total de fenoles del mucílago obtenido de cuatro variedades de *O. ficus-indica*.

2. Materiales y métodos

2.1 Material vegetal

Los cladodios de *Opuntia ficus-indica* fueron recolectados del Banco de Germoplasma del nopal ubicado en la Facultad de Agronomía de la UANL en el municipio de Escobedo, N.L. Para el presente trabajo se evaluaron cuatro cultivares Jalpa, Villanueva, Oreja de elefante y Copena (Fig. 1), los cuales fueron colectados a las 10:00 horas. Se seleccionaron cladodios con una longitud aproximada de 30 cm, se envolvieron en papel kraft y se resguardaron en refrigeración a una temperatura entre 4-8 °C hasta su uso.

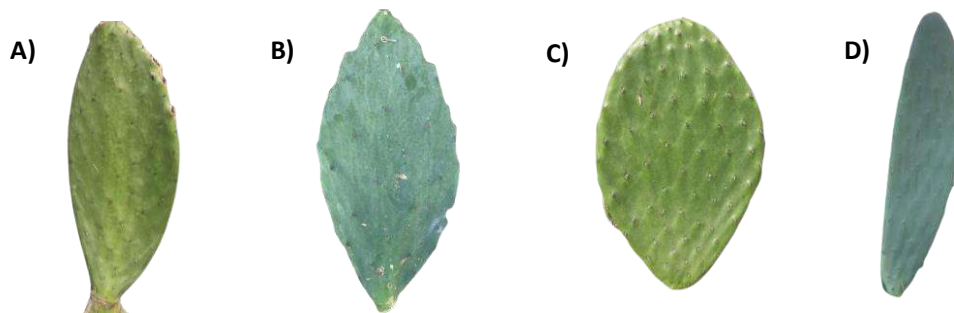


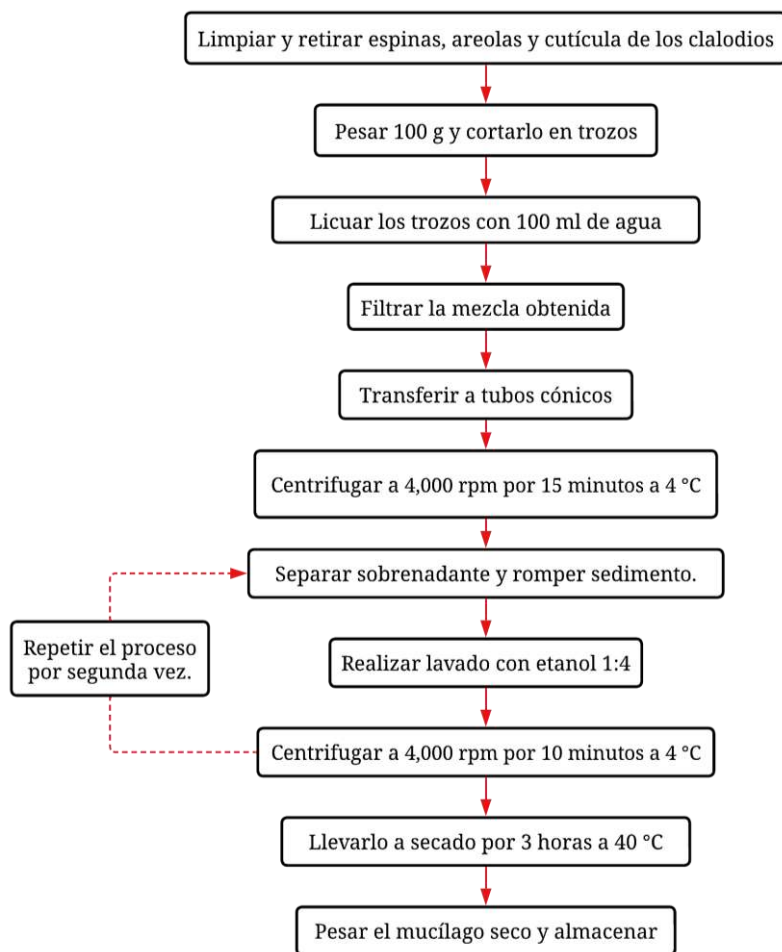
Figura 1. Variedades de cladodios de *Opuntia ficus-indica*. A) Jalpa, B) Oreja de Elefante, C) Villanueva, y D) Copena.

Figure 1. Variety of cladode of *Opuntia ficus-indica*. A) Jalpa, B) Oreja de Elefante, C) Villanueva, and D) Copena.

2.2 Métodos

2.2.1 Técnica de Extracción del Mucílago

El mucílago se obtuvo de acuerdo a la metodología de Licuado-Centrifugado a 4 °C descrita por Guardiola-De León (2018) con modificaciones. En la Figura 2 se describe el procedimiento general para la extracción del mucílago de *Opuntia ficus-indica*.



* Solventes de extracción evaluados: 1) agua destilada a temperatura ambiente, 2) etanol al 20% (v/v), y 3) agua destilada a temperatura de 40 °C.

Figura 2. Procedimiento general para la extracción del mucílago de *Opuntia ficus-indica*.

Figure 2. General procedure for the mucilage extraction of *Opuntia ficus-indica*.

Para calcular el porcentaje de rendimiento de los extractos obtenidos se empleó la siguiente fórmula (1).

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso de mucílago seco (g)}}{\text{Peso de materia prima (g)}} * 100 \quad (1)$$

2.2.2 Determinación de la Capacidad Antioxidante como Equivalentes Trolox (TEAC)

La capacidad antioxidante fue determinada de acuerdo con la metodología de Espinosa-Leal *et al.*, (2015). Este método se basa en la reducción de la coloración verde/azul producida por la reacción del radical ácido 2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico (ABTS^{•+}) con los antioxidantes presentes en la muestra. El radical se obtuvo tras la reacción del ABTS^{•+} (7 mM) y persulfato de potasio (2.45 mM) en una relación 1:1 (v/v), la solución se dejó incubar a temperatura ambiente por 16 horas y, posteriormente, se diluyó la solución con etanol al 70 % hasta obtener una absorbancia alrededor de 0.70 a una longitud de onda de 734 nm. En una microplaca de 96 pocillos, se colocaron 20 µL del extracto en agua destilada a una concentración de 2 mg/mL. Posteriormente, se agregaron 120 µL del radical ABTS y se dejó reaccionar por 3 minutos en la oscuridad. Finalmente, se leyó la absorbancia a una longitud de onda de 734 nm. Como control se utilizó una curva de Trolox en un rango de concentración de 0.0003 a 0.011 µmoles/mL y cada determinación se realizó por triplicado. Los resultados se expresaron como µmoles equivalentes de Trolox (ET) por gramo de peso seco de la muestra (Espinosa-Leal *et al.*, 2015).

2.2.3 Determinación del Contenido Total de Fenoles (CTF)

El contenido total de fenoles presentes en los mucílago se determinó de acuerdo al método de Folin-Ciocalteu descrito por Espinosa-Leal *et al.*, 2015. En una microplaca de 96 pocillos, se agregaron 20 µL de extracto en agua destilada a una concentración de 2 mg/mL, 100 µL del reactivo Folin-Ciocalteu (1 N), y transcurridos 5 minutos, se agregaron 80 µL de carbonato de calcio al 7.5 %. Se dejó reposar por 2 horas a temperatura ambiente en oscuridad y se midió la absorbancia a una longitud de onda de 750 nm. Como control se utilizó una curva de ácido gálico en un rango de concentración de 0.007 a 0.25 mg/mL y cada determinación se realizó por triplicado. De acuerdo con la curva de ácido gálico, se calculó la concentración total de fenoles y se expresaron como miligramos equivalentes a ácido gálico (mg EAG) (Espinosa-Leal *et al.*, 2015).

2.2.4 Diseño experimental y análisis de datos

Todos los resultados fueron expresados como promedio y desviación estándar de los ensayos por triplicado. El análisis estadístico se llevó a cabo mediante la prueba ANOVA de un solo factor, a un nivel de significancia de 0.05 ($p < 0.05$) (software Graph Pad Prism versión 7.0).

3. Resultados y discusión

3.1 Resultados de las técnicas de extracción del mucílago

La variedad Oreja de elefante fue seleccionada para evaluar las modificaciones en la técnica de extracción, para lo cual las colectas de la variedad se realizaron de la misma planta y sitio de cosecha. Los resultados de los porcentajes de rendimiento de extracción de mucílago obtenidos en cada técnica de extracción modificada se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Porcentajes de rendimiento de extracción del mucílago de la variedad Oreja de elefante.**Table 1.** Mucilage extraction yield percentages of the Oreja de elefante variety.

Solvente evaluado	Fecha de colecta		
	19/06/2023	03/08/2023	23/08/2023
	Porcentajes de rendimiento (%)		
A) Agua destilada	0.75 ± 0.09	NC	10.89 ± 1.04 ^a
B) Etanol al 20 %	NC	3.87 ± 0.59 ^a	14.96 ± 1.76 ^b
B) Agua destilada a 40 °C	NC	4.31 ± 0.47 ^a	15.04 ± 1.14 ^b

NC= No colecta

*Media ± DE (n=3).

*Diferentes letras indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los resultados de cada columna.

En el presente trabajo se evaluaron como solventes de extracción, agua a diferentes temperaturas (temperatura ambiente y a 40 °C) y etanol. En la Tabla 1 se muestran los porcentajes de rendimiento obtenidos con las variantes de solventes de extracción evaluados, es importante mencionar que los mucílagos extraídos con agua a 40 °C y con etanol presentaron los porcentajes de rendimiento más altos, sin embargo, debido a la naturaleza altamente hidrófila, el mucílago de las plantas puede ser extraído con agua (Soukoulis *et al*, 2018). Diversos estudios han reportado que la temperatura es un factor determinante en la hidrólisis de los polisacáridos, sin embargo, se ha reportado que temperaturas menores a 85 °C no aumenta la hidrólisis de los polisacáridos por lo tanto el rendimiento no se ve afectado (Cai *et al*, 2008). Debido a lo anterior, se seleccionó agua a 40 °C con un pH de 5.9 (sin modificaciones) como solvente de extracción considerado como de bajo costo y “amigable con el ambiente”.

Por otra parte, el etanol se empleó como solvente para la precipitación del mucílago, fase necesaria para la insolubilización de algunos polímeros presentes (Cai *et al*, 2008), así mismo este solvente tiene la capacidad de solubilizar los pigmentos característicos del nopal, minimizando la cantidad de clorofila presente en el mucílago, podría provocar interferencias al momento de realizar pruebas para la determinación de sus propiedades (Diez *et. al.*, 2021). Con relación a esto, se realizó una modificación en el lavado, realizando el lavado con etanol 1:4 por duplicado, ya que de esta manera se eliminó la mayor cantidad posible de clorofila sin afectar el porcentaje de rendimiento del extracto.

Se determinó que los porcentajes de rendimiento de extracción del mucílago de la variedad Oreja de elefante, se vieron afectados en función del periodo de colecta de los cladodios. Los cladodios de la colecta del mes de agosto presentaron el mayor porcentaje de rendimiento, lo cual puede ser atribuido a las condiciones de sequía que presentaba la región de cultivo durante el periodo. Como se mencionó anteriormente, el mucílago tiene la propiedad de retener agua en condiciones de sequía, en la que se presenta una disminución de la humedad disponible del suelo, y un aumento en el contenido de agua de los tejidos de las plantas, por ende, una mayor concentración de mucílago en los cladodios (Melero-Meraz *et al*, 2021).

Los porcentajes de rendimiento obtenidos con el solvente seleccionado fueron $15.04 \pm 1.14 \%$, $11.87 \pm 1.52 \%$, $13.95 \pm 0.98 \%$ y $10.33 \pm 0.55 \%$ para la variedad de O. elefante, Villanueva, Copena y Jalpa, respectivamente. Los porcentajes de rendimiento obtenidos para las variedades de O. de elefante y Copena fueron mayores al obtenido por Bayar *et al* (2016), con un porcentaje de rendimiento del 10.24 % en base seca para la misma especie.

3.2 Resultados de la capacidad antioxidante y el contenido total de fenoles

Los resultados obtenidos de los ensayos de ABTS y CTF para las cuatro variedades de mucílago se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados de los ensayos de ABTS y CTF de las cuatro variedades de *Opuntia ficus-indica* obtenidos con solvente de extracción acuoso a 40 °C.

Table 2. Results of ABTS and CTF tests of the four varieties of *Opuntia ficus-indica* obtained with aqueous extraction solvent at 40 °C.

Variedad	ABTS* ¹	CTF ²
Oreja de elefante	0.16 ± 0.06^a	8.10 ± 0.46^a
Villanueva	1.81 ± 0.17^b	$9.44 \pm 1.38^{a,b}$
Copena	$2.38 \pm 0.15^{b,c}$	$9.44 \pm 0.42^{a,b}$
Jalpa	5.18 ± 0.62^d	10.35 ± 0.95^b

¹µmoles equivalentes de Trolox/g peso seco

Media $\pm$ DE (n=3)

²mg equivalentes de ácido gálico/g peso seco.

*Diferentes letras indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los resultados de cada columna.

La capacidad antioxidante reportada como la capacidad para reducir el radical ABTS fue significativamente mayor para el mucílago obtenido de la variedad Jalpa con un resultado de 5.18 ± 0.616 µmoles ET/g peso seco en comparación con el resto de las variedades. Sin embargo, los resultados obtenidos para todas las variedades fueron menores a lo reportado por Blando *et al.* (2019) en muestras de cladodio maduro con un valor de 8.23 ± 0.72 µmoles ET/g peso seco, resultado que atribuyen a la presencia de compuestos fenólicos, particularmente derivados del ácido *p*-hidroxibenzoico, los cuales fueron identificados por métodos cromatográficos, diferente al ensayo de contenido de fenoles empleado en el presente trabajo.

Con relación al ensayo de CTF, no se presentaron diferencias significativas en los resultados de las cuatro variedades, sin embargo, la variedad Jalpa presentó el mayor contenido de fenoles con un valor de 10.35 ± 0.95 mg EAG. Todas las variedades presentaron concentraciones mayores a la reportada por Hernández-Castillo *et al.* (2016) con un CTF de 574.6 ± 44.8 µg/g para el cladodio fresco. Esto nos indica que la técnica de extracción favoreció la conservación de fenoles en el extracto (Zárate-Martínez *et al.*, 2021). Sin embargo, es importante mencionar, que las colectas fueron

realizadas en temporada en la que la región presentaba una sequía considerable, y esto pudo afectar la composición física-química de los especímenes evaluados, por lo cual se tiene como perspectiva realizar la extracción y evaluación de los mucílagos en otras temporadas de colecta.

4. Conclusiones

De acuerdo a la amplia gama de aplicaciones que se atribuyen al mucílago de *Opuntia ficus-indica*, en el presente estudio se evaluó la técnica de extracción y la capacidad antioxidante de los mucílagos. A pesar de las dificultades de la sequía en la región, las técnicas de extracción con etanol al 20 % y con agua a 40 °C permitieron obtener aceptables porcentajes de recuperación, sin embargo, se seleccionó agua a 40 °C como solvente de extracción por ser de bajo costo y “amigable con el ambiente”. La variedad Jalpa de *O. ficus-indica* demostró una mayor capacidad para reducir el radical ABTS en comparación con las variedades de Villanueva, Oreja de elefante y Copena, pero un contenido total de fenoles similar en comparación con el resto de las variedades, debido a esto es importante mencionar que se requiere el análisis de la composición y contenido de flavonoides para concluir el potencial antioxidante de la variedad en el tratamiento de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo. El presente trabajo muestra el potencial del mucílago de *O. ficus-indica* como un atractivo fitoingrediente con aplicación en la industria de la alimentación, farmacéutica y cosmética, entre otras.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de interés de ningún tipo en la publicación del presente artículo.

Nomenclatura

ABTS	Radical químico 2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico).
CTF	Contenido total de fenoles.
DE	Desviación estándar.
EAG	Equivalentes de ácido gálico.
ET	Equivalentes de Trolox.
mM	Unidad milimolar.
nm	Unidad de longitud nanómetro.
NC	No colecta.
rpm	Unidad de frecuencia revoluciones por minuto.
v/v	Relación volumen volumen.

5. Referencias

- Cai, W., Gu, X., & Tang, J. (2008). Extraction, purification and characterization of the polysaccharides from *Opuntia milpa alta*. *Carbohydrate Polymers* 71(3): 403-410. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.06.008>
- CONABIO. (2023). Nopales. Biodiversidad Mexicana. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/nopales>
- Blando, F., Russo, R., Negro, C., De Bellis, L., & Frassinetti, S. (2019). Antimicrobial and Antibiofilm Activity against *Staphylococcus aureus* of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Cladode Polyphenolic Extracts. *Antioxidants* 8(5): 117. <https://doi.org/10.3390/antiox8050117>
- Bocanegra Alonso, J., Lazalde Ramos, B., Gutiérrez Hernández, R., & Campos Ramos, C. (2021). Uso de mucílago de *Opuntia ficus-indica* como tratamiento en obesidad y su efecto en tejido hepático y renal. *IBN SINA*, 12(2): 1-12. <https://doi.org/10.48777/ibnsina.v12i2.1025>
- Diez, L.B., Pérez Zamora, C.M., Michaluk, A.G., Nuñez, M. B., Torres, C. A., & González, A.M. (2021). Mucílago de *Opuntia ficus indica* como potencial excipiente natural de productos cosméticos. *Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Naturalia Patagónica* 16(3):143-157. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/169874>
- Espinosa-Leal, C., Treviño-Neávez, J.F., Garza-Padrón, R.A., Verde-Star, M.J., Rivas-Morales, C., & Morales-Rubio, M.E. (2015). Contenido de fenoles totales y actividad anti-radical de extractos metanólicos de la planta silvestre y cultivada in vitro de *Leucophyllum frutescens*. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas* 46(3): 52-56. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57945705005>
- Flores-Alcantar, M.A. (2013). Estudio del proceso de secado por aspersión de mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*) y su efecto en las propiedades reológicas. (Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México) <https://repositorio.unam.mx/contenidos/136384>
- Guardiola de León, A. J. (2018). Extracción y caracterización de mucílago del nopal (*Opuntia ficus indica* (L.) Miller) de cinco cultivares, en tres estados de maduración. (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León). <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/18573>
- Goldstein, G., & Nobel, P. S. (1991). Changes in osmotic pressure and uclage during low-temperature acclimation of *Opuntia ficusindica*. *Plant Physiology* 97(3):954-961. <https://doi.org/10.1104/pp.97.3.954>
- Hernández-Castillo, J. B. E., Bernardino-Nicanor, A., Juárez-Goiz, J.M.S., & González-Cruz, L. (2016). Determinación de los cambios originados por los procesos de asado y freído del nopal verdura (*Opuntia ficus-indica*) sobre la concentración de carotenoides, fenoles totales y la actividad antioxidante. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* 1(1): 526-531. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/1/4/90.pdf>
- Manzoor M., Singh, J., Bandral, J. D., Gani, A. & Shams, R. (2020). Food hydrocolloids: functional, nutraceutical and novel applications for delivery of bioactive compounds. *International Journal of Biological Macromolecules* 165. Part A: 554-567. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.182>
- Melero-Meraz V., Zegbe-Domínguez, J.A. & Campos-Fajardo, M.G. (2021). Cambios en la concentración de ácido málico en tejido fotosintético de nopal tunero en condiciones de riego y

- temporal. Memorias XVII Congreso REBISA. https://congresorebiza.mx/wp-content/uploads/2021/10/21-81-E1_VMM-1.pdf
- Messina, C. M., Arena, R., Morghese, M., Santulli, A., Liguori, G., & Inglese, P. (2021). Seasonal characterization of nutritional and antioxidant properties of *Opuntia ficus-indica* [(L.) Mill.] mucilage. *Food Hydrocolloids*, 111:106398. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106398>
- Flores Sánchez, D., Reyes-Terrazas, A. S., Navarro-Garza, H., Pérez-Olvera, M. A. & Almaguer-Vargas, G. (2023). Características y retos del sistema de cultivo nopal verdura en Cuautlacingo, Otumba. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 14(2): 211-222. <https://doi.org/10.29312/remexca.v14i2.3079>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2016) Nopal, indiscutiblemente mexicano <http://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/nopal-indiscutiblemente-mexicano>
- Soukoulis, C., Gaiani, C., & Hoffmann, L. (2018). Plant seed mucilage as emerging biopolymer in food industry applications. *Current Opinion in Food Science*, 22: 28-42. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2018.01.004>
- Zárate-Martínez, W., González-Morales, S., Ramírez-Godina, F., Robledo-Olivo, A., & Juárez-Maldonado, A. (2021). Efecto de los ácidos fenólicos en el sistema antioxidante de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Agronomía mesoamericana* 32(3): 854-868. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.45101>

2024 TECNOCIENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Valoración e intervención fisioterapéutica en adolescente con secuelas de síndrome de Guillain Barré: Relato de caso

Physiotherapeutic assessment and intervention in adolescent with sequels of Guillain Barré syndrome: case report

Brenda Teresa Resendiz-Díaz¹, Magali Quevedo-Grave^{2*}

¹ Pasante de la Licenciatura en Terapia Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua; intercambista en la Universidad el Valle de Taquari-Univates/Lajeado, Río Grande del Sur

² Doctora en Medicina y Ciencias de la Salud/PUCRS; Docente en la Universidad el Valle de Taquari-Univates/Lajeado/Río Grande del Sur/Brasil

*Correspondencia: Correo electrónico: mgrave@univates.br (Magali Quevedo-Grave)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v18i2.1461>

Recibido: 25 de enero de 2024; Aceptado: 13 de mayo de 2024

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

Editora de Sección: Dra. Silvia Giono-Cerezo

Resumen

Introducción: El síndrome de Guillain Barré (SGB), una radiculopatía inflamatoria desmielinizante aguda de nervios periféricos ocasiona limitaciones motoras y sensoriales, simétrica y bilateralmente. **Objetivo:** Describir la intervención fisioterapéutica en paciente de 12 años de edad, sexo femenino, con secuelas de una variante AMAN del SGB. **Metodología:** Relato de caso presentado durante el servicio social de una pasante de la licenciatura en Terapia Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua, en la Clínica de Fisioterapia de la Universidad del Valle de Taquari/Lajeado/Brasil. Se realizó la valoración fisioterapéutica, recabando datos personales, diagnóstico médico, progresión de la enfermedad, antecedentes familiares, patológicos y no patológicos, y el análisis de exámenes complementarios. El examen físico analizó marcha, postura, equilibrio, movilidad, fuerza, sensibilidad y reflejos osteotendinosos. El abordaje consistió en 10 sesiones semanales, de una hora, desarrollando un trabajo de equilibrio, movilidad y fortalecimiento, principalmente de tronco y miembros inferiores, así como entrenamiento de conciencia corporal y propiocepción. **Resultados:** Se obtuvo aumento en la medida de la pantorrilla, fuerza muscular, y en equilibrio, así como normalización de la sensibilidad y postura. **Conclusión:** La valoración e intervención fisioterapéutica, desde la fase aguda, son fundamentales para el desarrollo de un tratamiento efectivo de las secuelas del SDG.

Palabras clave: Guillain Barré, intervención, fisioterapia, polirradiculopatía inflamatoria, desmielinizante aguda.

Abstract

Introduction: Guillain Barré syndrome (GBS), an acute demyelinating inflammatory radiculopathy of peripheral nerves, causes motor and sensory limitations, symmetrically and bilaterally. **Objective:** To describe the physiotherapy intervention in a 12-year-old female patient with sequelae of an AMAN variant of GBS. **Methodology:** Case report presented during the social service of an intern of the degree in Physical Therapy of the Autonomous University of Chihuahua, in the Physiotherapy Clinic of the University of Taquari Valley/Lajeado/Brazil. The physiotherapeutic assessment was carried out, collecting personal data, medical diagnosis, disease progression, family history, pathological and non-pathological, and the analysis of complementary examinations. The physical examination analyzed gait, posture, balance, mobility, strength, sensitivity, and deep tendon reflexes. The approach consisted of 10 weekly one-hour sessions, developing balance, mobility and strengthening work, mainly of the trunk and lower limbs, as well as body awareness and proprioception training. **Results:** An increase was obtained in calf measurements, muscle strength, and balance, as well as normalization of sensitivity and posture. **Conclusion:** Physiotherapeutic assessment and intervention, from the acute phase, are essential for the development of an effective treatment of the sequelae of GDS.

Keywords: Guillain Barre, intervention, physical therapy, inflammatory polyradiculopathy, acute demyelinating

1. Introducción

El síndrome de Guillain Barré (SGB) o polirradiculoneuropatía desmielinizante inflamatoria aguda, es una enfermedad que afecta las raíces de los nervios periféricos, ocasionando una neuropatía motora. La incidencia del SGB, es de 1 a 2 casos por cada 100,000 personas, pudiendo ser presentada en cualquier edad, sin demostrar una preferencia de sexo (Sejvarr, 2011).

Aproximadamente el 27 % de los pacientes con esta enfermedad, no tienen otros antecedentes patológicos, sin embargo, puede estar asociado a varios virus como el Zika, o bacterias como el *Campylobacter jejuni*. A partir del año 2020, en la pandemia por COVID-19, han sido presentados varios relatos emergentes de este Síndrome, así como de una de sus presentaciones que es el Síndrome de Miller Fisher, relacionado con el Síndrome Respiratorio Agudo Grave por Coronavirus 2 (SARS-CoV-2). Dentro del espectro clínico de esta rara enfermedad, está asociada con la infección por *C.jejuni*, fue reconocida como variable, la Neuropatía Axonal Motora Aguda (AMAN), así como la Neuropatía Axonal Sensorial Motora Aguda (Sharhrizaila, Lehmann, Kuwabara, 2021).

Generalmente, las manifestaciones clínicas de esta enfermedad, son debilidad muscular, parálisis, cansancio, arreflexia y alteraciones de la sensibilidad como parestesias y dolor principalmente en los miembros inferiores. Estos síntomas motores y sensoriales, se presentan de forma ascendente y tienen una progresión de hasta 4 semanas, según la bibliografía (Creange *et al.*, 2016; Wachira, 2017).

El diagnóstico es clínico, después de la presentación de los síntomas, y está acompañado de exámenes diagnósticos, principalmente estudios del Líquido Cefalorraquídeo, Electroneuromiografía (ENMG) y resonancia magnética. Encontrando en el 75 % de los casos, aumento de los niveles proteicos del LCR, con celularidad normal y predominio de linfocitos (disociación albumino citológica). La ENMG puede mostrar anormalidades de conducción, dependiendo del subtipo, diferenciando subtipos en axonales, desmielinizantes y mixtos, según el hallazgo de un bloqueo de conducción, aumento de la latencia distal y de la disminución velocidad de conducción nerviosa (Ryan, 2013; Van Doorn, 2013; Chevrt, Hughes, Annane, 2017).

El tratamiento médico de la enfermedad presentada en la infancia, busca acelerar la recuperación y disminuir el déficit neurológico. Reconocida como la técnica más eficaz, es la inmunoglobulina endovenosa, que busca impedir la acción autoinmune. Otra opción terapéutica, considerada más barata, es la plasmaféresis, que permite filtrar el plasma sanguíneo del paciente. Existen otros métodos de manejo, como el uso de antiinflamatorios no esteroideos (AINE) y opioides, así como terapias inmunomoduladoras; sin embargo, la incidencia de muertes aún es significativa así como las secuelas de una recuperación incompleta (De Lucca *et al.*, 2021).

La intervención fisioterapéutica temprana en el SGB, es primordial para la máxima recuperación funcional de los pacientes. Un estudio de caso, relata ya el abordaje fisioterapéutico precoz, desde la Unidad de Cuidados Intensivos, a los 6 días de internación, de una paciente del sexo femenino, de 36 años, con diagnóstico de dengue y posteriormente, de cuadriplejía flácida por S.G.B. Quien recibió 3 meses de fisioterapia, demostrando una buena evolución y reincorporación a las actividades cotidianas, sin presentar alteraciones de la marcha (Arce, 2016).

Delante de lo expuesto, este relato de caso, tuvo como objetivo, describir el proceso de valoración, tratamiento y evolución presentada por una adolescente con diagnóstico médico de la variante AMAN, de este síndrome.

2. Materiales and métodos

Relato de caso realizado durante las actividades del servicio social de una pasante de la licenciatura en Terapia Física de la Universidad Autónoma de Chihuahua, en la Clínica de Fisioterapia de la Universidad del Valle de Taquari (UNIVATES) en intercambio académico. Se realizó la valoración fisioterapéutica de la paciente, comenzando con la anamnesis, recabando información sobre datos personales de la paciente, así como diagnóstico médico, relato de la progresión de la enfermedad, antecedentes heredo familiares, antecedentes patológicos y no patológicos, y el análisis de los exámenes complementarios. El examen físico involucró la valoración de la marcha, postura, equilibrio, movilidad articular, fuerza muscular, sensibilidad y reflejos osteotendinosos, por medio de diferentes técnicas e instrumentos de valoración. El abordaje se llevó a cabo durante 10 sesiones, duración de una hora, con frecuencia de una vez por semana, que consistieron en trabajo de equilibrio, movilidad y ganancia de fuerza, principalmente de tronco y miembros inferiores, así como un trabajo de conciencia corporal y propiocepción.

2.1 Materiales

2.1.1. Presentación del caso

El presente estudio de caso, forma parte de un Proyecto de los pacientes valorados y atendidos en la Clínica de Fisioterapia (CEF) de la Universidad del Valle de Taquari - Univates/Lajeado/Brasil, aprobado por el Comité de Ética de la referida institución de educación del Nivel Superior, mediante el protocolo número CAE 57583916.4.0000.5310. Así mismo, el uso de datos fue autorizado por la paciente, cuya condición clínica se describe en este estudio, como para su tutor, por medio de un Formulario de Consentimiento Libre e Informado, otorgando la autoridad legal para divulgación de datos para fines meramente científicos y educativos.

En el primer encuentro fue en el mes de agosto del 2023, siendo llevada a cabo la anamnesis para el levantamiento de los datos personales como la edad, fecha de nacimiento, peso y altura, así como diagnóstico médico, relato de la evolución de la enfermedad, antecedentes patológicos y no patológicos, familiares y sociales. Acompañados del análisis de los exámenes presentados. El examen físico involucró el análisis de la marcha a través del Timed up and go (TUG), y de la postura, valoración de la movilidad articular con goniometría, Examen Manual Muscular (EMM), de la sensibilidad táctil, cinestésica y vibratoria con estesiómetro y diapasón, valoración de los reflejos neurotendinosos, y del equilibrio estático por medio del Test de Romberg, y de la medida de la función motora (MFM).

2.2 Métodos

2.2.1. Procedimiento Experimental

Siendo una paciente del sexo femenino, con 12 años de edad, con medidas de 55 kg y 160 cm de altura, cuyo motivo de consulta fue referido como incomodidad debido al patrón postural en supinación de sus pies, que limitan la capacidad de correr, andar de bicicleta y de jugar por mucho tiempo. Recibió el Síndrome de Guillain Barré, variante AMAN, en abril del año 2020. Relatando que, en el inicio de los síntomas, sintió dolor en la musculatura de los miembros inferiores mientras paseaba en bicicleta, y justo un día después, presentó un estado de fatiga muscular y dificultad para caminar, peinar el cabello, comer, deglutir. La paciente fue luego llevada a una unidad hospitalaria de Bom Retiro do Sul, habiendo, después de unas horas perdido la capacidad de deambular independientemente, así como el control de esfínteres. La paciente fue encaminada al Hospital de Especialidad Infantil de Porto Alegre (capital del estado de Rio Grande del Sur/Brasil), donde se mantuvo internada por 47 días, de los cuales algunos fueron en la Unidad de Cuidados Intensivos. El diagnóstico fue designado 20 días después de la entrada al hospital, por medio de los exámenes de Electroneuromiografía (ENMG), y fue sometida a plasmaféresis.

El padre de la paciente, fue interrogado sobre los antecedentes patológicos de la paciente, que según relato del mismo, ella contrajo un proceso infeccioso en el oído, con la edad 3 años, en el cual, la paciente no obtuvo los cuidados necesarios, por lo que a los 7 años fue consultada de nuevo, manifestando zumbido en el oído y aspecto descuidado. Sobre los antecedentes familiares refiere

que no hay histórico de enfermedades crónicas degenerativas, aunque sí de procesos infecciosos de las vías respiratorias de la parte materna.

Fue referido que desde la fecha alta hospitalaria (29 de mayo del 2020), se mantiene una orden para recibir atención de nutrióloga, fonoaudiología, neurología y fisioterapia. Sin embargo, solo ha sido atendida en el departamento de fisioterapia, comenzando en 2021, y hasta el momento. Siendo percibido, que la capacidad de la paciente en las áreas de lenguaje comprensivo, expresivo, como en aspectos cognitivos, es la adecuada respecto a su edad. Actualmente, cursa sexto grado de primaria.

Los exámenes presentados en el momento de la anamnesis, fue la electroneuromiografía (ENMG) más reciente, realizada el mismo mes de la consulta fisioterapéutica, en 10 de agosto del 2023. Corroborando como resultado de una denervación de las raíces nerviosas de L4, L5 y S1. El estudio de conducción nerviosa mostró prolongación de latencia motor distal de los nervios tibiales bilaterales, reducción de la velocidad de conducción sensitiva de los nervios surales y las ondas - F del nervio tibial izquierdo, demostraron latencias distales normales y una persistencia reducida del 60 % en comparación al derecho. La actividad muscular espontánea mostró presencia de ondas positivas, fibrilación y fasciculaciones bilaterales y la actividad muscular voluntaria con aumento en la amplitud de los potenciales de acción de la unidad motora y reducción del reclutamiento, corroborando el estudio de electromiografía con el diagnóstico de neuropatía sensitivo-motora axonal.

2.2.2. Examen físico

La valoración de la funcionalidad de la marcha a través del timed up and go (TUG), dió en total un tiempo de 7 segundos, resultando en ausencia de riesgo de caída y un alto nivel de funcionalidad en las transferencias. El equilibrio estático fue valorado con ayuda del Test de Romberg, cuyo resultado positivó en la posición tándem con los ojos abiertos. Además, la paciente no consiguió mantener el apoyo unipodal por más de 10 segundos.

Por medio de la inspección y palpación, fue encontrada hipotonía de miembros inferiores (MMII), con un compromiso notorio de la musculatura responsable por la dorsiflexión del pie, como de los músculos abductores de los dedos, presentando así un patrón visible de pies en equino varo. La medida de la circunferencia del complejo sóleo-gastrocnemios, fue de 32 cm a derecha y 31 cm a la izquierda. En el examen manual muscular (EMM), obtuvo una puntuación de 4 en la musculatura axial y 5 de miembros superiores (MMSS), sin embargo, se observó un grado 3 en fuerza de tibial anterior, 2 para fibulares y un grado 1 para musculatura dígito extensora, de forma simétrica y bilateral.

La movilidad articular activa, medida con goniómetro, señaló limitación en algunos movimientos, como la dorsiflexión del pie (7° en derecho y 10° en izquierdo), flexión plantar (20° en derecho y 60° en izquierdo).

2.2.3. Reflejos y sensibilidad

Los Reflejos Osteotendinosos, fueron valorados con un martillo Buck, siendo las respuestas normales en los MMSS (bicipital y tricipital), y disminuidas en los reflejos patelares y aquileos de

MMII. Sensibilidad examinada por dermatomas, con los ojos vendados, con ayuda de un estesiómetro, presentando una hiperestesia al estímulo doloroso, en dermatomas L2- L3, bilateralmente; hipoestesia al tacto fino en ambas piernas a nivel de L4, L5, y S1, así como hipoestesia dolorosa de L5 y S1.

Con ayuda de un diapason convencional (DC) (128 Hz), fue valorada la sensibilidad vibratoria en algunas prominencias óseas, como los maléolos laterales, tuberosidad tibial, y en la tuberosidad del radio, presentando un buen umbral sensitivo.

2.2.4. Examen postural

En el examen postural, analizado a través de fotografías elaboradas en diferentes vistas. Se encontró en una vista posterior una simetría aparente de la altura de los hombros, cabeza alineada, espacio brazo-cuerpo mayor del lado derecho, espinas escapulares sobresalientes, y escápulas en rotación medial. Cadera sin desviación lateral aparente, rodillas en valgo, tobillos en varo, manteniendo una distancia entre los calcáneos. En la vista lateral, se presentó una anteriorización de la cabeza, hipercifosis torácica, hiperlordosis lumbar y antero versión pélvica abdomen saliente, rodillas en hiperextensión (*genu recurvatum*), arcos plantares internos aumentados y pies en inversión.

2.2.5. Medida de la función motora

La motricidad gruesa y fina de la paciente se analizó por medio de la escala de Medida de la Función Motora, la cual dió como resultado un 82,29 % en la medida total, (D.1 Posición en pie y transferencias=66,66 %; D2. Motricidad axial y proximal= 97,22 %; D3. Motricidad distal= 85,7 %), siendo el compromiso mayor en el momento de realizar las transferencias de posición, en función de la limitación de la motricidad distal. Siendo entonces, la principal limitación para actividades motoras como correr, saltar con pies juntos y separados, mantener apoyo unipodal, y cambiar de posiciones como de 4 puntos a 2 puntos, de 2 puntos a bipedestación y de 4 puntos a bipedestación.

Basándonos en la valoración, el diagnóstico funcional fisioterapéutico definió una limitación cinética y funcional para realizar las actividades motoras y gruesas como correr, saltar, cambios de posición. Manifestando hipotonía y disminución de la fuerza y movilidad en miembros inferiores, principalmente en la musculatura responsable por la dorsiflexión del pie, extensores y abductores de los dedos, generando un patrón de pie equino, como resultado de una lesión nerviosa de las raíces L4 y L5. Restringiendo la participación de la paciente en algunos deportes, como la danza.

2.2.6. Tratamiento

El abordaje fisioterapéutico se llevó a cabo en un total de 10 sesiones, con frecuencia de 1 vez por semana, con duración de 45 minutos a una hora. Los signos vitales (Presión arterial, frecuencia cardiaca y saturación de O₂) de la paciente fueron registrados al inicio y final de las sesiones, manteniendo normalidad en los valores.

Tabla 1. Plan de tratamiento**Table 1. Treatment plan**

Objetivos	Abordaje
Incrementar los niveles de movilidad en las extremidades inferiores.	Sentadillas con plantas de los pies apoyadas en el suelo. Desplantes. Estiramientos activos de musculatura de pierna y pantorrilla. Caminada sobre los talones. Corrida en caminadora sin inclinación. Saltos sobre superficies.
Promover los movimientos de dorsiflexión plantar y eversión del pie.	Se colocó un vendaje elástico (kinesiotape) el 5º metatarsiano y anclaje proximal en el tercio proximal del peroné y otro con anclaje distal en el 2º, 3º y 4º, metatarsianos, y anclaje proximal en la epífisis distal de la tibia, con tensión aprox. 50 %. Paciente sentado con las rodillas en flexión de 90º, con apoyo plantar completo sobre una toalla en el suelo. Realiza movimientos dorsales de flexión-extensión del tobillo y los dedos, para desplegar una toalla y luego volver a doblarla utilizando toda la zona del pie.
Estimular la propiocepción y consciencia corporal.	Realizar ejercicios frente al espejo, realizando feed back de la postura. Colocación de estampas en puntos de referencia postural (acromion, EIAS, centro de la patela, entre las cabezas de los 1º y 2º metacarpianos...). Bipedestación sobre bases inestables y de texturas diferentes (disco de propiocepción, plataformas, tatami). Identificar objetos con los pies. Danza Videojuegos interactivos por medio de la consola Kinect.
Aumentar fuerza en miembros inferiores	Caminata en caminadora con inclinación (10º-30º) Transferencias de posiciones: De pie-sentado en el

	piso; de pie-para decúbito prono; de pie para hincado; etc.
Entrenar el equilibrio	Ejecución de movimientos sobre apoyo unipodal Trabajo por medio de circuitos

Durante las cuales, se desarrolló un trabajo que involucró fase de calentamiento, flexibilidad, equilibrio, propiocepción, fuerza, así como la reeducación de la marcha y de la motricidad gruesa de la paciente con diferentes actividades realizadas en distintos decúbitos, posiciones y grados de complejidad crecientes, por medio de técnicas, recursos y ejercicios realizados de forma activa, progresiva y variada, orientados a un objetivo funcional de mejorar el patrón de la marcha y la postura a través de objetivos específicos de estimular la propiocepción y percepción de las extremidades inferiores y del cuerpo en general; incrementar los niveles de movilidad en las extremidades inferiores y aumentar la fuerza en MMII, como se describe en la tabla 1.

3. Resultados and discusión

3.1. Revaloración

En la última valoración, realizada después de las 10 sesiones, se obtuvo una mejora visible de la postura y del equilibrio estático y dinámico. Fue evidente un control mayor de tronco, disminución de la hiperextensión de las rodillas y una mayor consciencia corporal que favorece al control de la postura, reduciendo la hiperlordosis y el genu valgo de las rodillas, así como una disminución del arco plantar medio.

Así mismo, se obtuvieron valores más altos en la Medida de la Función Motora, la cual dió como resultado un aumento en la medida total.

La paciente consiguió mantenerse de pie sin apoyo sobre bases inestables por más de un minuto, logró saltar con pies juntos, y corre a velocidad menor a 5 km/h en la caminadora.

Tabla 2. Comparación de las variables valoradas en la 1ra y 10ma sesión.**Table 2. Comparison of the variables assessed in the 1st and 10th sessions.**

Variable	Valoración	Revaloración
Marcha (Timed Up And Go)	7 segundos	7 segundos
Examen Manual Muscular (EMM)	Musculatura axial: 4 y 5 de Miembros superiores (MMSS): 5 Tibial anterior: grado 3 Fibulares: 2 y un grado 1 para musculatura dígito extensora, de forma simétrica y bilateral.	Musculatura axial: 5 y 5 de Miembros superiores (MMSS): 5 Tibial anterior: grado 5 Fibulares: 3 y un grado 1 para musculatura dígito extensora, de forma simétrica y bilateral.
Trofismo de miembros inferiores	32 cm a la derecha y 31 cm a la izquierda.	32 cm a la derecha y 32 cm a la izquierda.
Equilibrio (Test de Romberg)	Positivo en la posición Tándem con los ojos abiertos. Además, la paciente no consiguió mantener el apoyo unipodal por más de 10 segundos.	Consigue mantener apoyo unipodal por más de 10 segundos.
Medida de la Función Motora (MFM)	82,29 % en la medida total, (D.1 Posición en pie y transferencias=66,66 %; D2. Motricidad axial y proximal= 97,22 %; D3. Motricidad distal= 85,7 %),	96% en la medida total, (D.1 Posición en pie y transferencias=90 %; D2. Motricidad axial y proximal= 98 %; D3. Motricidad distal= 87 %),
Sensibilidad: dolorosa, tacto fino y vibratoria.	Hiperestesia al estímulo doloroso, en dermatomas L2- L3, bilateralmente; hipoestesia al tacto fino en ambas piernas a nivel de L4, L5, y S1, así como hipoestesia dolorosa de L5 y S1.	Respuesta normal tanto al estímulo doloroso como al tacto fino, distinguiendo todos los puntos valorados.
Análisis postural	Anteriorización de la cabeza, hipercifosis torácica, hiperlordosis lumbar y antero versión pélvica abdomen saliente, rodillas en valgo hiperextensión (<i>genu recurvatum</i>), arcos plantares internos aumentados y pies en inversión.	Disminución de la hipercifosis e hiperlordosis, reducción del genu recurvatum, del patrón valgo en las rodillas, y de la distancia entre los tobillos. Reducción de los arcos plantares.

Nuestro estudio buscó describir el proceso de valoración y tratamiento fisioterapéutico realizados por una estudiante intercambista, bajo supervisión docente, en una adolescente de 12 años, con diagnóstico médico de síndrome de Guillain Barré (SGB), acompañada en la clínica-escuela de Fisioterapia de la Universidad del Valle de Taquari - Univates/Lajeado/RS/Brasil.

La paciente de este estudio, comenzó a recibir fisioterapia un año después de recibir el diagnóstico. En vista de que la patología de Guillain Barré tiene una progresión en el cuadro clínico de hasta aproximadamente un mes, se tiene un buen pronóstico sobre la rehabilitación de las secuelas motoras, sin embargo, algunos pacientes pueden conservar algunas de ellas. Según algunos autores, después de los 2 años, disminuye mucho la posibilidad de obtener una recuperación satisfactoria (Fernández, García, 2013). Por otro lado, del 5 % al 10 % de los pacientes con S.G.B. son llevados de la gravedad a la muerte, principalmente por insuficiencia respiratoria (De Quadros, Grave, 2016), principalmente en la fase aguda, la cual termina con la estabilización de la desmielinización, donde inicia la remielinización y regeneración axonal (Pereira da Rocha, Ledesma, Souza, 2017), en el caso de la paciente tratada en el presente estudio, no se manifestó, a la fecha de la valoración, síntomas respiratorios ni quejas asociadas.

Entre la serie de secuelas presentadas, según la revisión sistemática de Junior y Neto (2011), se encuentran alteraciones de la marcha, equilibrio y propiocepción, entre las cuales se derivan lumbalgias, hormigueo, debilidad muscular, arreflexia e hiporreflexia. Así como la afectación de la musculatura de la extremidad inferior, principalmente tibial anterior y fibulares, resultando en un patrón de marcha con pie equino. Tal fue el caso descrito en este estudio, en el que coinciden los hallazgos valorados en el examen físico, por medio de diversos instrumentos.

Estudio de caso realizado en una clínica-escuela de fisioterapia en Juazeiro del Norte, en Ceará/Brasil, con un hombre, adulto joven, con SGB, constató, durante la valoración, paraparesia flácida simétrica, con predominio en las extremidades inferiores, con una leve hipoestesia táctil para el dolor y temperatura hasta el nivel de los maleolos, reducción de arcos de movilidad para la dorsiflexión y flexión plantar, alteración del equilibrio y aumento de los arcos plantares, asemejándose a los hallazgos clínicos de nuestro caso descrito (Alves *et al.*, 2022).

Otro estudio realizado con dos pacientes con SGB, el primero de 1 año y 7 meses de evolución y el segundo con tan solo un mes de evolución, con SGB, con el objetivo de comprobar la influencia de la terapia física en el tratamiento de esta enfermedad, demostró que la prueba de Romberg resultó positiva para el primer caso y con incapacidad de realizar para el segundo. En la escala de equilibrio de Berg, el caso 1 y 2 puntuaron 40 y 8 puntos respectivamente. Ambos presentaban alteraciones del equilibrio. Los participantes recibieron un tratamiento específico e individualizado durante 15 días y se obtuvieron mejorías evidentes tanto en el equilibrio estático como dinámico, más notables en el segundo caso. Delante de todo lo expuesto, es primordial la realización de un tratamiento precoz tras el diagnóstico, teniendo en cuenta no solo las alteraciones motoras sino también las sensitivas (Ortega-Santarén *et al.*, 2010), como se hizo en el presente estudio.

Estudio realizado con el objetivo de describir la evolución de un paciente con SGB durante un programa de rehabilitación multidisciplinar intensiva, en régimen de internación, desmostró una disminución de la fatiga, aumento de la capacidad respiratoria, de la fuerza muscular de miembros inferiores y de la calidad de la marcha, así como una mejora en los índices de depresión y ansiedad, incrementando la motivación. Todo esto después de 8 sesiones de terapia físicas, con una frecuencia diaria, durante el periodo de internación hospitalar. Por lo tanto, se incluyó un programa de

actividad aeróbica en bicicleta, combinando ejercicios resistidos, con un significativo ganó de fuerza en cuádriceps y dorsiflexores, además de una mejora en el condicionamiento cardiorrespiratorio. El resultado entonces, fue una mejora funcional, motora y motivacional (Montini *et al.*, 2016). A diferencia de nuestro estudio, donde la paciente recibió atención de fisioterapia un año después de recibir el diagnóstico.

Es entonces que la bibliografía valoriza la intervención de un programa de rehabilitación multidisciplinar e intensivo, como el estudio de Ibarra, el cual presenta un caso de un paciente con un diagnóstico de SGB, 2 meses de evolución, manifestando paraparesia flácida en miembros inferiores, que fue tratado mediante ejercicios de flexibilidad, equilibrio, propiocepción, fortalecimiento, de aumento de la condición cardiorrespiratorias y entrenamiento aeróbico orientados a un objetivo funcional, así como en el presente estudio de caso. Entre los resultados, destacó una respuesta motora casi inmediata, logrando adquirir independencia en las actividades de la vida diaria y de autocuidado, tan solo 3 meses después del inicio del tratamiento. Un mes y medio después, se otorgó la alta al paciente, mostrando una marcha funcional y segura (Ibarra *et al.*, 2017).

Respecto a los instrumentos de intervención utilizados, Alves, en su estudio de caso citado anteriormente, relata la evolución de 8 meses de tratamiento específico que incluyó entrenamiento de la marcha anterior sin dispositivos auxiliares, entrenamiento de sentar y levantar sin apoyo, equilibrio y coordinación en bipedestación con bola suiza, entrenamiento del equilibrio por medio de discos de propiocepción, o durante la deambulaci3n frontal y lateral. A su vez, se implementaron ejercicios resistencia manual y con ligas, marcha con cambios de direcci3n, fortalecimiento de tibial anterior y cuádriceps, facilitaci3n neuromuscular propioceptiva en diagonales funcionales (Alves *et al.*, 2022). El plan de intervenci3n de este estudio es muy similar al que en este estudio se expone. Mientras tanto, en ambos casos hubo una evoluci3n satisfactoria en la marcha de los pacientes, sin embargo, prevaleci3 la debilidad de los fibulares.

Por otro lado, De Sá y colaboradores (2015), quienes acompañaron el proceso de rehabilitaci3n de un paciente de 16 años, por medio de técnicas como el método Bobath y Facilitaci3n Neuromuscular Propioceptiva (FNP), con el principal objetivo de aumentar la fuerza muscular y el equilibrio dinámico, describieron que, después de 18 semanas de terapia física con actividades aeróbicas en la bicicleta estática, entrenamiento del equilibrio estático y dinámico en circuitos y ejercicios de fuerza principalmente para miembros inferiores. Fue entonces que tanto en la re-valoraci3n de la fuerza, como en la goniometría, se corroboró un avance positivo, así mismo, en el equilibrio, valorado por medio del Test de Romberg se demostró una progresi3n en las posiciones, yendo de la 2da a la 3ra posici3n, y una mejor puntuaci3n en la escala de Equilibrio de Berg (de 19/56 puntos antes y 34/56 puntos después del tratamiento).

Morera, Escalada, Nuñez y Colas (2016) relataron el caso de una paciente de 36 años, diagnosticada con SGB, antecedentes de dengue, y un pronóstico poco favorable. Después de un programa de rehabilitaci3n precoz, que inici3 en la fase hospitalar, y tuvo continuidad en un Servicio de Rehabilitaci3n Integral comunitario, con tratamiento fisioterapéutico basado en las necesidades presentadas durante la fase clínica. Entre las técnicas fisioterapéuticas implementadas, destacó el láser, fisioterapia respiratoria, movilizaciones pasivas y asistidas, mecanóterapia, además de recibir terapia ocupacional con otras actividades estimulantes y funcionales. Después de 90 días de tratamiento, la paciente ganó alta fisioterapéutica, con una evoluci3n y estado general satisfactorios,

sin limitaciones funcionales ni sociales. A diferencia de nuestro estudio, donde la paciente recibió ser atendida por fisioterapia hasta 12 meses después del diagnóstico, y quien a la fecha, conserva algunas secuelas neuromotoras.

4. Conclusiones

La intervención fisioterapéutica de las secuelas del SDG, comienza desde el momento de la valoración funcional inicial, realizada por un fisioterapeuta, siendo fundamental la correcta aplicación de instrumentos y métodos de valoración, para posteriormente desarrollar un plan de tratamiento. El tratamiento precoz en la fase más temprana de la enfermedad, es de suma importancia para disminuir la posibilidad de mantener las secuelas, además para una recuperación más rápida.

Los principales beneficios de la rehabilitación física fueron visibles en la medida de la pantorrilla, fuerza muscular, en el equilibrio de la paciente, a su vez en la normalización de la sensibilidad y en la postura.

Agradecimientos

Se agradece a la Universidad del Valle de Taquari, por autorizar la investigación y colaboración con la Universidad Autónoma de Chihuahua, de forma especial, a los LTF. Lydia Koetz y LTF. Erick Benítez.

Conflicto de Intereses

Este artículo se elaboró solo para fines académicos y científicos, señalando la no existencia de conflicto de intereses en la publicación de estos resultados.

5. Referencias

Araujo, A.M., Dias, L.C., da Silva e Silva, C.M., Gaspar, L.C. & dos Anjos, J.L.M. (2016). Treinamento muscular inspiratório na síndrome de Guillain-Barré: relato de caso. *Revista Pesquisa em Fisioterapia* 6 (4): 448-454. <https://doi.org/10.17267/2238-2704rpf.v6i4.1075>

Castañeda-Fernández, Jorge Alberto & Corral-García, Jahazel. (2003). Neuropatías periféricas. *Medisan* 7 (5): 35-41. <https://www.imbiomed.com.mx/articulo.php?id=26855>

de Quadros, L. R., & Grave, M. T. Q. (2017). Fisioterapia em jovem gestante com sequelas pós Síndrome de Guillain-Barré: relato de caso. *Scientia Medica*, 27(1): ID25318. <https://doi.org/10.15448/1980-6108.2017.1.25318>

Lucca, M.E.T., Maffini, J.F., Grassi, M.G., Stadler-Junior, M., Bezerra, V.N. & João, P.R.D. (2022). Síndrome de Guillain-Barré na pediatria: revisão de literatura. *Residência Pediátrica*, 12(3):1-9.

<https://doi.org/10.25060/residpediatr-2022.v12n3-523>

de Sá, B. P., Grave, M. T. Q., Périco, E., & Bohrer, T. R. J. (2015). Avaliação e tratamento de sequelas motoras pós síndrome de Guillain-Barré (SGB): estudo de caso. *Caderno Pedagógico* 12(3). <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/1297>

GOMES, Mariana Karina Guilherme. (2022). Efeitos do treinamento de força na melhora da velocidade da marcha de paciente com síndrome de Guillain-Barré pós-infecção alimentar: um relato de caso. Trabalho de Conclusão de Curso (Fisioterapia). *Universidade Federal de Pernambuco, Recife*. <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/48252>

Barzaga-Ibarra I, de-la-Cruz-Galardy M, Claro-Pupo O, González-Corona B, Granda-Mariño M. (2017). Rehabilitación de un paciente con síndrome de Guillain Barré. *Correo Científico Médico* 21 (3). <https://revcocmed.sld.cu/index.php/cocmed/article/view/2745>

Pérez-Lucas, J. & Miñano-Guillamón, E. (2021). Utilidad de los diapasones en la exploración neurológica, ¿son todos iguales? *Neurología Argentina* 13 (2):103-107. <https://doi.org/10.1016/j.neuarg.2021.05.001>

Montini, F.T., Souza, D.R. de, Ribeiro, F. de Q. & Battistella, L.R. (2016). Modelo intensivo de reabilitação na síndrome de Guillain-Barré: um relato de caso. *Acta Fisiátr.*, 23 (1): 42-45. <https://doi.org/10.5935/0104-7795.20160009>

Arce, M.E., Hernández, E.T. & Hernández, N.Y. (2016). Rápida recuperación del Síndrome de Guillain Barré por tratamiento fisioterapéutico precoz. *Revista de Ciencias Médicas de la Habana. Medimay* 22(1):95-99. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=66023>

Oliveira, G. R. de, Fernandes, G. S. F. de B., Santos, G. P. dos, Góes, K. O., Sousa, N. A. de & Ferreira, P. D. (2022). Physiotherapeutic treatment in Guillain-Barré syndrome. *Research, Society and Development* 11 (9): e4111931446. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i9.31446>

Ortega-Santarén, B. R., Palacios-de la Torre, M., Martín-Vargas, S. & García-González, P. (2010). El Equilibrio como objetivo de la Fisioterapia en el síndrome Guillain-Barré. Estudio de casos. Cuestiones de fisioterapia: Revista universitaria de información e investigación en Fisioterapia 39 (2):119-124. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3248618>

Pereira da Rocha, A., Ledesma-Barboza, M., Souza-Speciali, D. (2017). Atuação da fisioterapia na reabilitação de paciente com Síndrome de Guillain-Barré. *Fisioterapia Brasil*, 18 (6):778-787. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-908755>

Shy, M.E. (2014). Neuropatias periféricas: Síndrome de Guillain-Barré. In: Goldman L, Schafer, AI. Cecil Medicina (Eds.). v.2, 24 ed. Rio de Janeiro: Elsevier; 2014. cap. 428, p. 2784-85.

Sejvar, J.J., Baugman, A.L., Wise, M. & Morgan, O.W. (2011). Population incidence of Guillain-Barré syndrome: a systematic review and meta-analysis. *Neuroepidemiology* 36(2):123-133. <https://doi.org/10.1159/000324710>

Wachira, V.K., Peixoto, H.M. & de Oliveira, M.R.F. (2019). Systematic review of factors associated with the development of Guillain-Barré syndrome 2007–2017: what has changed? *Trop Med Int Health*, 24(2):132-142. <https://doi.org/10.1111/tmi.13181>

2024 TECNOCENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

La química detrás de los perfumes y esencias

The chemistry behind perfumes and scents

Alejandro Alberto Camacho-Dávila^{1*}, José Carlos Espinoza-Hicks¹ y Carmen Oralía Meléndez Pizarro¹

¹ Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Químicas. Campus Universitario 2 S/N Chihuahua, Chih. 31124. Ciudad Chihuahua, Chih., México.

*Correspondencia: acamach@uach.mx (Alejandro Alberto Camacho-Dávila)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v18i2.1564>

Recibido: 08 de junio de 2024; Aceptado: 03 de septiembre de 2024

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

Editor de Sección: Dr. Armando Quintero-Ramos

Resumen

La química de los perfumes y esencias es un campo de la química de gran relevancia económica. Su origen data de la antigüedad cuando se utilizaban resinas y aceites esenciales en prácticas religiosas. Aunque en sus inicios su uso estaba restringido a la realeza y los sacerdotes, con el correr del tiempo, el uso de perfumes y fragancias se fue popularizando. En la actualidad es una actividad de gran relevancia económica derivada del uso de compuestos químicos no solo en la elaboración de perfumes sino también de productos de consumo masivo como jabones, detergentes y champú. Con la finalidad de despertar el interés de los lectores, especialmente jóvenes con inclinación hacia las ciencias químicas, en este artículo se presenta una visión general de la química relacionada con las materias primas tanto de origen natural como sintético usadas en la elaboración de perfumes y fragancias, abordándose de manera general su origen y estructura química, así como algunas aplicaciones.

Keywords: perfumes, esencias, terpenos, productos naturales.

Abstract

The chemistry of perfumes and essences is an area of chemistry of great economic relevance. The origin of these dates to antiquity when resins and essential oils were used in religious practices. Although in its beginnings its use was restricted to royalty and priests, over time, the use of perfumes and fragrances became more popular. Currently, it is an activity of great economic relevance derived from the use of chemical compounds not only in the production of perfumes but also in mass-consumption products such as soaps, detergents and shampoo. With the aim of sparking the interest of readers, especially young people with an inclination towards chemical sciences, this article

presents an overview of the chemistry related to both natural and synthetic raw materials used in the production of perfumes and fragrances, its origin and chemical structure, as well as some applications, is discussed in a general way.

Keywords: Fragrances, essences, terpenes, natural products.

Introducción

1. Aspectos históricos

Desde tiempos remotos, las especias y resinas de origen animal y vegetal han desempeñado roles prominentes en rituales religiosos, como el uso reverenciado del incienso por sacerdotes, reyes y faraones; inicialmente reservados, estos aceites aromáticos gradualmente se expandieron hacia la perfumería y la gastronomía, donde se convirtieron en elementos fundamentales tanto para mejorar el sabor de los alimentos como para preservarlos. Los aceites aromáticos jugaron un papel crucial, no solo por sus propiedades sensoriales, sino también por su capacidad para prolongar la vida útil de los alimentos. La composición de los compuestos utilizados, desde mezclas complejas hasta compuestos individuales, refleja una historia rica que comenzó con el descubrimiento de métodos simples para enriquecer los aromas característicos de estos productos. Técnicas ancestrales como la extracción de esencias mediante aceite de oliva y destilación han perdurado desde tiempos antiguos hasta la actualidad, con refinamientos significativos introducidos por los árabes en el siglo IX D.C. Así, la producción y aplicación de diversas preparaciones aromáticas han mantenido su esencia a lo largo de los siglos, marcando un legado que continúa resonando en nuestras prácticas modernas (Sell, 2008). A partir del siglo XIII, las farmacias comenzaron a elaborar los conocidos aceites medicinales, cuyas propiedades y efectos fisiológicos fueron posteriormente registrados en farmacopeas. Durante los siglos XVI y XVII, muchos de los aceites esenciales que hoy usan perfumistas y fabricantes de saborizantes se destilaban originalmente en farmacias. Sin embargo, un hito significativo en la historia de los aromas naturales ocurrió en la primera mitad del siglo XIX, cuando la producción de aceites esenciales se industrializó para satisfacer la creciente demanda en la fabricación de perfumes y esencias (David y Doro, 2023).

Alrededor de 1850, comenzaron a utilizarse compuestos orgánicos puros con el mismo propósito. Este avance condujo al aislamiento de diversos componentes de plantas aromáticas, como el cinamaldehído, obtenido del aceite de canela por Dumas y Péligot en 1834, y el benzaldehído, aislado del aceite de almendras amargas por Liebig y Wöhler en 1837. Los primeros aceites aromáticos sintéticos se introdujeron entre 1845 y 1850, siendo ésteres de ácidos grasos de bajo peso molecular con varios alcoholes, valorados por su aroma afrutado.

En 1859 se lanzó el salicilato de metilo como una versión artificial del aceite de gaulteria, seguido en 1870 por el benzaldehído como un sustituto artificial del aceite de almendra amarga. Posteriormente, la síntesis industrial de la vainillina en 1874 y de la cumarina en 1878 por la firma alemana Haarmann & Reimer inauguró una nueva era en la industria química, marcando el inicio de la producción sintética de compuestos aromáticos a gran escala.

Desde entonces, el número de productos químicos sintetizados y utilizados como base para fragancias y perfumes ha crecido continuamente gracias a la investigación sistemática de los componentes odoríferos presentes en los aceites esenciales. Inicialmente, solo se aislaban estos componentes de fuentes naturales. Sin embargo, más tarde se logró desentrañar su estructura y desarrollar procesos para su síntesis y aislamiento. Con el avance de técnicas analíticas modernas, como la cromatografía de gases, se hizo posible aislar e identificar sustancias en aceites esenciales y fragancias, que confieren características muy específicas, aunque estén presentes en cantidades mínimas. El aislamiento y la elucidación de la estructura de estos componentes requieren el uso de técnicas cromatográficas y espectroscópicas sofisticadas como la cromatografía de gases o la resonancia magnética nuclear.

2. ¿Qué constituye un perfume?

A menudo se confunden los términos "perfume" y "fragancia". En este artículo, utilizaremos los términos "perfume" y "fragancia" para referirnos a compuestos orgánicos con olores penetrantes, característicos y, generalmente, placenteros. Estos compuestos son empleados como materias primas, ya sea en estado puro o como aceites esenciales naturales, en la elaboración de perfumes y productos perfumados. La clasificación de un producto como perfume o fragancia depende de su uso final. En su caso, el perfume es una mezcla de fragancias con una composición específica.

En términos generales, las fragancias se clasifican por sus notas olfativas. Cuando la concentración de sustancias aromáticas es superior al 20%, se considera un perfume. Entre el 10% y el 15%, se llama "eau de parfum" o "eau de toilette", mientras que alrededor del 5% se denomina "eau de cologne" o agua de colonia. Además, existen los perfumes de nicho, que son de alta calidad y suelen utilizar procesos o ingredientes artesanales superiores a los comerciales (Rowe, 2009).

2.1. Creatividad y composición en la elaboración de perfumes.

La creación de perfumes es un arte que combina una amplia gama de materias primas olfativas, tanto naturales como sintéticas, para lograr armonía y originalidad en sus composiciones. Más allá de una simple mezcla de olores agradables, un perfume es una expresión única que transmite ideas y sentimientos. De manera similar a como lo hacen la música o la pintura, es un mensaje embotellado que busca evocar experiencias, recuerdos y emociones.

En resumen, la creatividad y la composición son las piedras angulares de la perfumería, combinando arte y ciencia para crear experiencias sensoriales únicas y emocionantes. Los perfumistas continúan explorando nuevos horizontes en el mundo del perfume con su talento y pasión, asegurándose de que cada creación exprese su visión y habilidades.

En este artículo se presentará un panorama general sobre la química de los principales compuestos, tanto de origen natural como sintético, que se emplean en la creación de perfumes y fragancias, ofreciendo una visión general de los aspectos más relevantes que involucran a la química en la producción y desarrollo de materiales naturales y sintéticos usados en la fabricación de perfumes y fragancias, con el objetivo de despertar en el lector el interés por las ciencias químicas y su relación con actividades cotidianas del ser humano. Este artículo no pretende ser exhaustivo en los aspectos químicos de los productos usados en la elaboración de perfumes y fragancias. Con el fin de mantener

el artículo de una extensión adecuada, no se abordan temas más específicos como las rutas de síntesis de compuestos importantes en la industria de perfumes y fragancias, ya que esto haría el artículo demasiado extenso. Muchos de los aspectos sintéticos se mencionan con más detalle en las referencias citadas.

3. El sentido del olfato

El olfato es considerado uno de los sentidos más antiguos. Este se desarrolló como un medio para obtener información sobre los cambios químicos que ocurren en el ambiente. Mientras que los animales acuáticos y las aves dependen principalmente del oído, los seres humanos y otros primates confían principalmente en la visión, y muchas otras especies dependen de los sentidos químicos del olfato para percibir su entorno.

Dado que el sentido del olfato es una fuente crucial de información para los humanos, no es sorprendente que la naturaleza haya desarrollado un sistema muy sensible y sofisticado para analizar los productos químicos presentes en nuestro entorno, ya sea que existan de manera deliberada o que sean productos de degradación. Además, esto incluye compuestos a los cuales nunca hemos estado expuestos.

La comprensión de cómo funciona este maravilloso sentido ha avanzado significativamente en los últimos años. A continuación, ofreceremos un breve recorrido por la anatomía y fisiología del sentido del olfato.

3.1. Anatomía y fisiología de los receptores del sistema olfativo

La información sensorial obtenida por la interacción de moléculas de sabores y fragancias con los receptores olfativos y del gusto es procesada en áreas cerebrales específicas, resultando en una percepción. El olfato es la sensación resultante de la estimulación de los receptores olfativos en el epitelio de la nariz por compuestos volátiles (Figura 1). Eventualmente, tiene lugar una reacción entre las moléculas de olor y los quimiorreceptores, produciendo así un impulso neural que llega al cerebro, donde se almacena la información.

El olor de un alimento, un perfume o una bebida es percibido por el sistema olfativo cuando sus compuestos volátiles entran en las fosas nasales (olfato ortonasal) o a través del aire inhalado por la boca (olfato rostro-nasal). Los componentes volátiles de un producto también son liberados durante la masticación o silbidos en la boca y pasan a la cavidad nasal a través de la nasofaringe (olfacción retronasal).

El mecanismo olfativo es complejo y más sensible que el proceso gustativo. Los olores perceptibles de los alimentos se pueden describir por el umbral (la menor concentración que crea una impresión de olor) y la calidad del olor. Es notable que los humanos pueden reconocer miles de olores. La calidad del olor describe el carácter particular del aroma de un alimento, atribuido a sus componentes aromáticos.

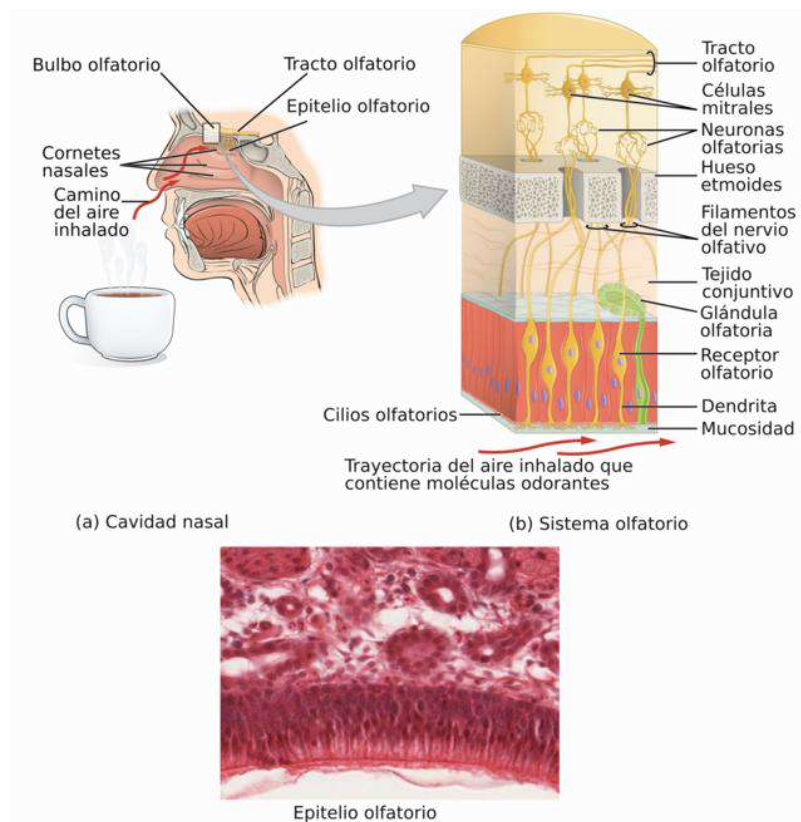


Figura 1. Diagrama del sistema olfativo (Fuente: ©2021, file 1403-Olfaction.png, Wikimedia commons, CC BY-SA 4.0)

Figure 1. A diagram of the olfactory system.

La comprensión de los procesos sensoriales en el sentido del olfato no solo es fascinante desde una perspectiva científica, sino que también tiene aplicaciones prácticas en la industria de la perfumería, donde se busca recrear y mejorar las experiencias sensoriales humanas.

Todos pensamos que el sentido del olfato es importante, pero más allá de eso, debemos tener una conexión entre la nariz y el cerebro, porque los perfumistas pueden identificar y categorizar miles de acordes (combinaciones de aromas) en su memoria, con todo ese conocimiento, construir algo diferente que pueda transmitir emoción (suelen utilizar 1.500 sustancias, pero pueden llegar a tener hasta 100.000) (Singer y Sheperd, 2005).

3.2. Clasificación de olores

A diferencia del color, la clasificación de olores es mucho más complicada y, sobre todo, subjetiva. Inicialmente, los sistemas de clasificación de olores se basaban en gran medida en la experiencia personal de botánicos, químicos o perfumistas. Una terminología científica para los olores es fundamental para la comunicación en el campo del olfato, pero los científicos enfrentan una situación difícil porque no existe un procedimiento objetivo para establecer un código olfativo.

El reconocimiento y caracterización de las notas olfativas es un proceso psicofísico que puede abordarse mediante dos métodos diferentes. La descripción de una impresión de olor puede obtenerse de forma semántica o por comparación directa con una serie de odorantes conocidos como sustancias modelo (odorantes de referencia). Ambos procedimientos producen perfiles multidimensionales que dependen de los compuestos de referencia seleccionados o de los descriptores semánticos definidos, como aquellos derivados de olores conocidos que nos rodean (flores, frutas, especias, hierbas, maderas y productos naturales de olor característico).

Aunque la mayoría de las materias primas utilizadas en perfumería, tanto naturales como sintéticas, pueden asignarse a estas principales categorías semánticas de olor sin mucha dificultad, el sistema olfativo combina estos olores en un código complejo, dando como resultado, el olor de casi todos los materiales que se asemeja a un mosaico de fragancias compuesto por elementos y matices de diversas categorías.

Un análisis de las relaciones entre las fragancias más populares, los acordes y las armonías de los perfumes, así como los elementos estructurales comunes de las fragancias representativas, conduce a la creación de un espectro olfatorio (Figura 2) (Ohloff et al. 2022). Esta representación ayuda a visualizar cómo los diferentes olores se combinan y se relacionan entre sí, proporcionando una herramienta útil para los profesionales del sector.

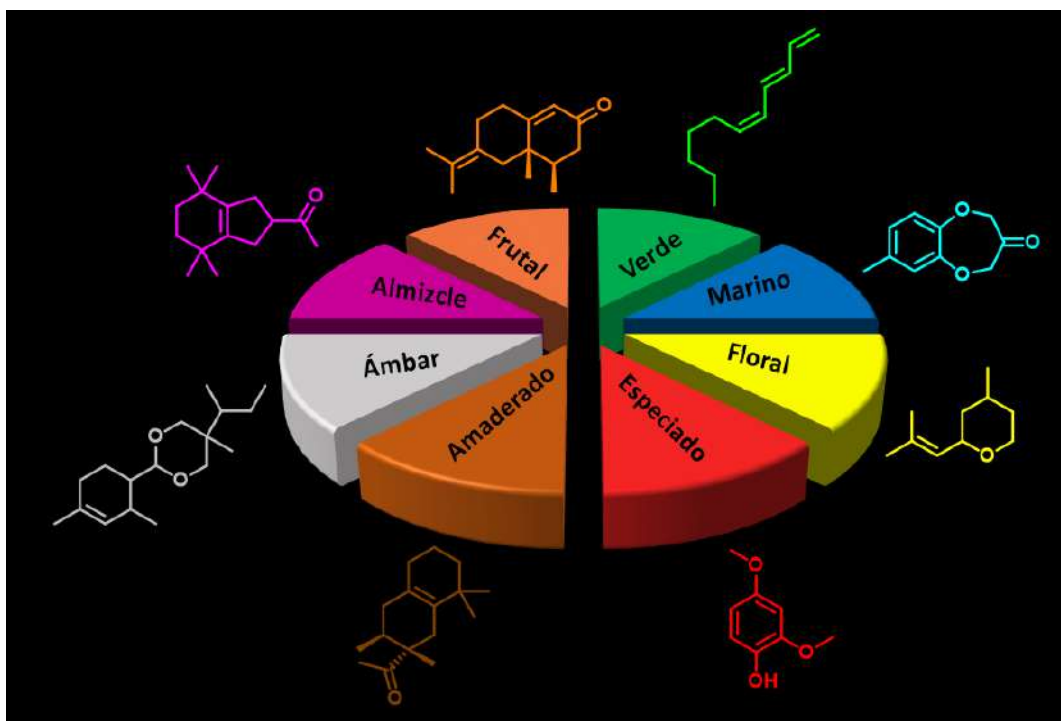


Figura 2. Clasificación de olores (adaptado de Ohloff et al. 2022)

Figure 2. Classification of odors (adapted from Ohloff et al. 2022)

El espectro olfativo mostrado en la figura 2 se deriva de compuestos tipo, como los señalados. Cada uno de estos compuestos está relacionado con muchos otros que poseen un olor similar. Por ejemplo, para los compuestos de olor ámbar, existen al menos 200 más que poseen olores similares. Lo mismo sucede para cada uno de los compuestos enclavados en su clasificación de olor.

Esta interrelación entre los compuestos es fundamental para entender la complejidad de los olores y cómo los perfumistas y científicos trabajan para crear fragancias únicas. La tabla 1 (Kraft et al. 2000) muestra las principales notas con sus definiciones, lo que proporciona una guía útil para identificar y describir los componentes aromáticos en las fragancias (Boelens et al. 2003).

Tabla 1. Descripción de los diferentes tipos de olores	
Table 1. Description of main odor types	
Olor	Descripción
Frutal	Esta es una nota de olor que describe la fragancia de frutas frescas, maduras o demasiado maduras, desde melón, pera, manzana y grosella negra (ligeras notas afrutadas) hasta melocotón, albaricoque, frambuesa y fresa (notas afrutadas oscuras), extendiéndose a frutos secos como pasas, ciruelas secas e higos.
Verde	Esta es una nota de olor que describe la impresión típica de la vegetación verde, como hojas y tallos. Hay tres notas verdes principales, la de manzanas verdes, la de la hierba recién cortada y la que recuerda el aceite de gálbano, pero las puede haber transiciones, por ejemplo, es el caso de las hojas del lirio de los valles.
Marino	Esta nota de olor se utiliza para describir la impresión olfativa de una playa húmeda o en la playa desde los aspectos salados de algas marinas del océano hasta el mar fresco y ozónico brisa en el aire.
Floral	Esta es una nota de olor que describe la fragancia general de diversas perfumerías, flores, especialmente jazmín, rosa, geranio, violeta, lirio, ylang-ylang, tuberosa, lirio, jacinto, fresia, lila, mimosa, narciso y madreselva.
Especiado	Esta es una nota de olor que describe la fragancia general característica de las esencias aceites que se han obtenido de especias como la canela, el clavo y pimienta.
Amaderado	Esta es una nota de olor que describe aromas que recuerdan a madera recién cortada, lápiz virutas y aserrín. Las notas amaderadas se dividen a su vez en madera de cedro, la subfamilia del sándalo, el vetiver y el pachulí.
Ámbar	Esta es una típica nota de olor multifacético que recuerda al ámbar gris natural, que combina elementos amaderados exóticos con incienso, terroso, facetas alcanforadas, de tabaco y almizcle rodeadas de olor a mar.
Almizcle	La característica sobresaliente de este olor es un cálido, sensual, dulce-polvoriento, suave, suave y con notación íntima de "piel sobre piel".

4. Compuestos químicos de origen natural usados en perfumería

Al igual que en la industria farmacéutica, la industria de los perfumes y fragancias utilizan a la naturaleza como guía e inspiración. Actualmente, muchos perfumes e ingredientes utilizados en perfumería se basan en mayor o menor medida en compuestos obtenidos de fuentes naturales (Gopi et al. 2023). Estos compuestos se clasifican en componentes derivados principalmente del isopreno, conocidos como terpenos, así como aceites esenciales obtenidos de fuentes animales y vegetales que no incorporan estructuras de tipo terpénico. Se estima que se utilizan más de 3 mil compuestos para elaborar perfumes, esencias y fragancias, pero aquí nos enfocaremos en los más utilizados y relevantes desde un punto de vista histórico (Sell, 2008).

4.1. Aceites esenciales terpénicos

En sus inicios, las esencias naturales se obtenían principalmente de plantas aromáticas. El desarrollo de técnicas de destilación permitió el aislamiento de aceites esenciales razonablemente puros, utilizados para preparar ungüentos, pomadas, infusiones, entre otros productos.

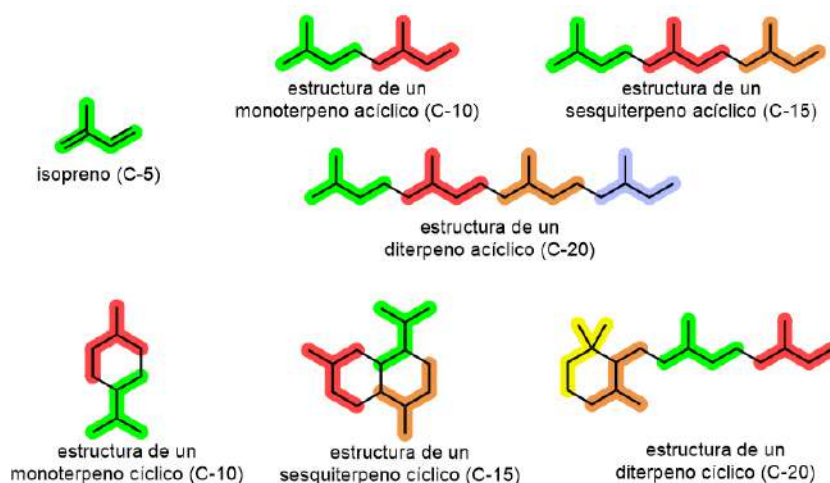


Figura 3. Estructuras de diversos terpenos mostrando las unidades de isopreno

Figure 3. Structures of some terpenes showing the isoprene units

Los aceites esenciales más utilizados hoy en día contienen principalmente compuestos denominados terpenos, que son hidrocarburos cíclicos o acíclicos en ocasiones oxigenados (Breitmaier, 2006). Aunque estos compuestos no poseen características olfativas importantes por sí solos, son materias primas importantes para la elaboración de otras moléculas utilizadas en la creación de perfumes y fragancias. Los compuestos oxigenados son los más utilizados debido a sus características olfativas y fisicoquímicas.

Los terpenos se encuentran en la naturaleza principalmente como hidrocarburos, alcoholes, éteres, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos o ésteres. Se clasifican en función del número de unidades de isopreno (C-5), siendo los más comunes los monoterpenos (C-10), sesquiterpenos (C-15) y diterpenos (C-20). Además de su uso en la industria de perfumes y fragancias, los terpenos tienen una actividad biológica importante, ya que son utilizados por plantas e insectos como método de defensa y comunicación. En la figura 3 se muestran las estructuras base de compuestos terpénicos donde se indica mediante colores como se incorporan las estructuras del isopreno como unidad base (Sell, 2019).

Entre los aceites esenciales más abundantes se encuentran los obtenidos de la producción de frutas, siendo la naranja y el limón los de mayor producción en todo el mundo (Figura 4). Los principales componentes de los aceites esenciales de estos frutos son el (*S*)-limoneno (1) y el (*R*)-limoneno (2). Otros compuestos comunes son el α -pineno (3) y β -pineno (4), que se encuentran en la resina de pino y se obtienen en grandes cantidades como subproducto de la producción de papel. Estos son compuestos hidrocarbonados que se utilizan como materias primas para obtener otros terpenos oxigenados empleados en la industria y en la elaboración de perfumes, fragancias y aceites esenciales utilizados como saborizantes (Pino Alea, 2015).

Además de los aceites esenciales de frutas, otros compuestos comunes en diversos aceites esenciales son el geraniol (5), nerol (6), citral (7) y linalol (8). Estos compuestos, además de ser obtenidos de fuentes naturales, se producen mediante síntesis química en gran escala, ya que son materias primas para la elaboración de una amplia variedad de productos utilizados en perfumería e industria alimenticia (Britten-Kelly, 2001).

Existen también terpenos formados por unidades de isopreno en forma cíclica (Figura 4). Entre los monoterpenos cíclicos se encuentran la carvona (9), principal componente del aceite de hierbabuena; el mentol (10), componente del aceite de menta; el alcanfor (11); y el eucaliptol (12), del aceite de eucalipto, entre otros. Estos compuestos contribuyen significativamente a los aromas característicos de las plantas de las que se extraen, y son utilizados en diversos productos por sus propiedades sensoriales y medicinales.

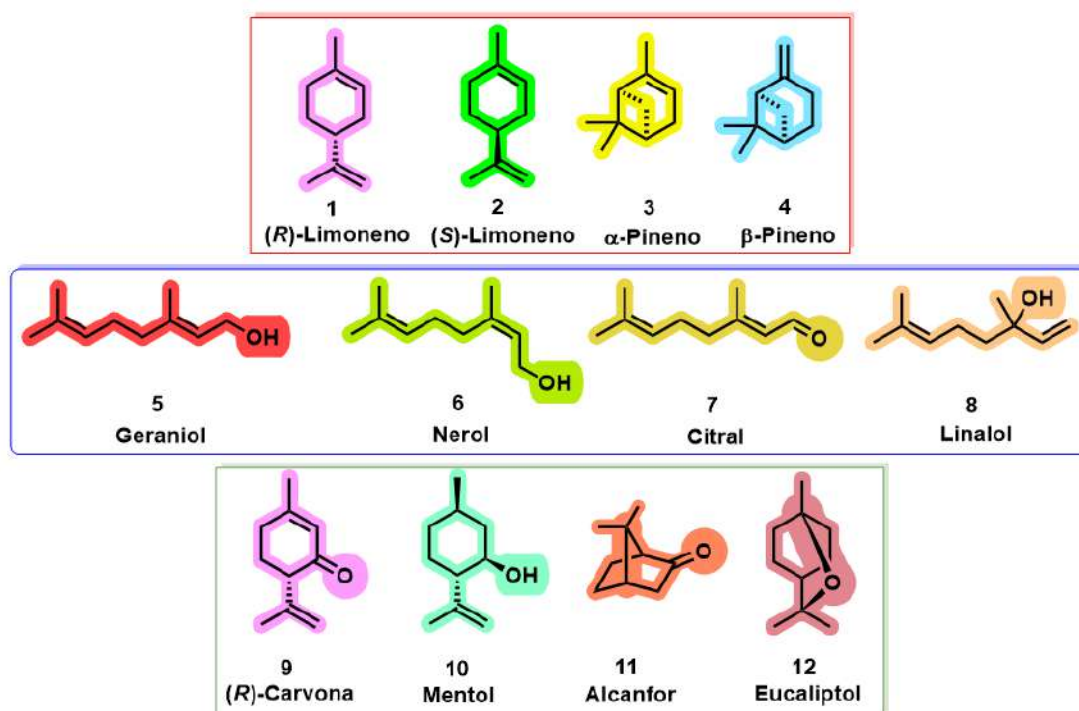


Figura 4. Estructura de algunos compuestos terpénicos cíclicos y no cíclicos usados en la elaboración de perfumes y fragancias.

Figure 4. Structures for some cyclic and non-cyclic terpenoid compounds used in perfumes and fragrances elaboration.

4.2. Aceites esenciales no terpénicos

Además de los aceites esenciales terpénicos, existen otros aceites esenciales cuyos principales componentes contienen anillos aromáticos y son importantes como saborizantes e ingredientes para la elaboración de perfumes y esencias (Figura 5) (Armanino *et al.* 2020; Kraft *et al.* 2000).

Por ejemplo, el cinamaldehído (13) es el principal componente del aceite esencial de canela (*Cinnamomum zeylanicum*), responsable de su característico olor y sabor. El benzaldehído (14) es un componente del aceite de almendras, mientras que el eugenol (15), un fenilpropano, es el principal componente del aceite esencial de clavo (*Syzygium aromaticum*). Además de sus propiedades aromáticas, el eugenol (15) posee propiedades antisépticas y antimicrobianas, por lo que se utiliza como conservador en ciertos alimentos.

La cetona de frambuesa (16) es otro compuesto aromático que se encuentra presente en las frambuesas (*Rubus parvifolius*) y es responsable de su distintivo aroma. Además, en la naturaleza existen moléculas derivadas de terpenos cíclicos en las que la deshidrogenación forma anillos aromáticos. Este es el caso del carvacrol (17), componente principal del aceite de orégano (*Origanum majorana*), apreciado por sus características olfativas y utilizado en la elaboración de pomadas, ungüentos y como conservante de alimentos. Un isómero del carvacrol es el timol (18), que se encuentra junto con el carvacrol en el aceite esencial del tomillo (*Thymus vulgaris*), por último, la vainillina (19) presente en la planta de la vainilla (*Vanilla planifolia*) es ampliamente utilizada en

perfumería en adición a su conocido uso como saborizante para alimentos (Korthou y Verpoorte, 2007).

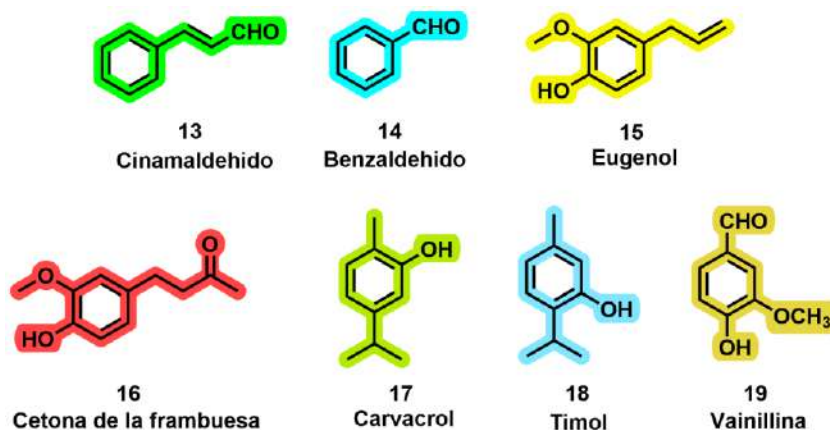


Figura 5. Estructuras de algunos compuestos no terpénicos que poseen anillos aromáticos usados en la elaboración de perfumes y fragancias.

Figure 5. Structure of some non-terpenoid compounds possessing aromatic rings used in perfumes and fragrances elaboration.

Los compuestos alifáticos, en contraste con los aromáticos, también desempeñan un papel crucial en la generación de aromas en plantas (Figura 6). Por ejemplo, la α -ionona (**20**) y la β -ionona (**21**) son componentes clave del aceite de violetas (*Viola odorata* L.), otorgándoles su distintivo aroma (Petroianu *et al.* 2018). El alcohol oct-1-en-3-ol (**22**), conocido como el "alcohol de las setas", es un componente destacado en el aroma de estos hongos, y es ampliamente empleado en la industria alimentaria.

El (Z)-3-hexenol (**23**), conocido como "alcohol de hojas", y el (Z)-3-hexenal (**24**), un "aldehído de hojas", se encuentran en varios productos vegetales, proporcionándoles un olor característico a pasto recién cortado. Estos compuestos también son esenciales en la fabricación de perfumes y saborizantes, contribuyendo con sus notas frescas y naturales (Clark, 1990).

Además, el aldehído de hojas de violeta (**25**) (*trans, cis*-2,6-nonadienal) es otro componente presente en el aceite de hojas de violeta y en el pepino, aportando a estos vegetales sus particulares fragancias. Por otro lado, el éster de pera (**26**) ((2*E*,4*Z*)-deca-2,4-dienoato de etilo) se encuentra en manzanas, peras Bartlett, uva Concord y otros frutos, ofreciendo un aroma afrutado intenso que lo convierte en un ingrediente popular en la elaboración de sabores y fragancias.

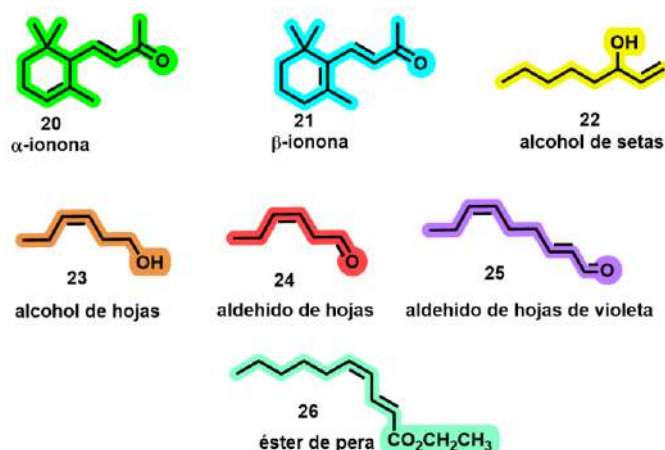


Figura 6. Estructura de algunos compuestos no terpénicos con cadenas y anillos alifáticos usados en la elaboración de perfumes y fragancias.

Figure 6. Structure of some non-terpene compounds possessing aliphatic chains and rings used in perfumes and fragrances elaboration.

En el ámbito de la perfumería, destacan varias cetonas cíclicas no terpénicas, entre las que se encuentran la *cis*-jasmona (27) (Scognamiglio *et al.* 2012), la dihidrojasmona (28) y el *cis*-jasmonato de metilo (29) (Figura 7). Estos compuestos son de especial relevancia, ya que se hallan en el aceite de jazmín y son responsables en gran medida de su distintivo y agradable aroma (Sell, 2008).

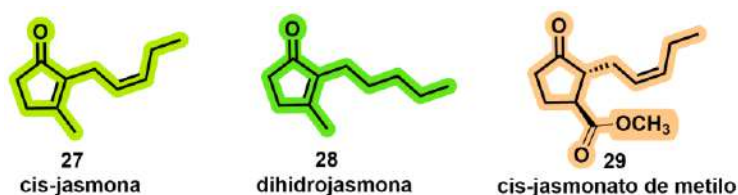


Figura 7. Estructura química de algunos compuestos no terpénicos derivados del aceite de jazmín empleados en la elaboración de perfumes y fragancias.

Figure 7. Chemical structure of some non-terpene compounds derived from jasmine oil used in the formulation of perfumes and fragrances.

Las lactonas, compuestos orgánicos de gran importancia sensorial, se dividen principalmente en δ - y γ -lactonas saturadas e insaturadas, con menos frecuencia en lactonas macrocíclicas (Figura 8). Su presencia abundante en la naturaleza se debe a su fácil formación a partir de precursores acíclicos naturales. Estas sustancias son ésteres intramoleculares de hidroxiácidos grasos, y contribuyen significativamente al aroma de la mantequilla y varias frutas (Surburg y Panten, 2016).

En la industria alimentaria y de perfumería, destacan varias lactonas importantes, ejemplo de ello la 15-pentadecanolida (30) responsable del característico olor a almizcle de la raíz de la angélica. La γ -

nonalactona (**31**), con un aroma similar al coco, se encuentra en numerosos alimentos y se utiliza en la producción de aromas y perfumes. Asimismo, la γ -decalactona (**32**), presente en una amplia gama de alimentos, ofrece un intenso aroma afrutado a pera, siendo un ingrediente popular en perfumería y como saborizante a pera.

La δ -decalactona (**33**) contribuye al sabor de varias frutas, quesos y productos lácteos, con su aroma cremoso a coco y melocotón. La abhexona o furanona de maple (**34**) la cual aporta un aroma a café y apio de monte, utilizándose en la aromatización de alimentos.

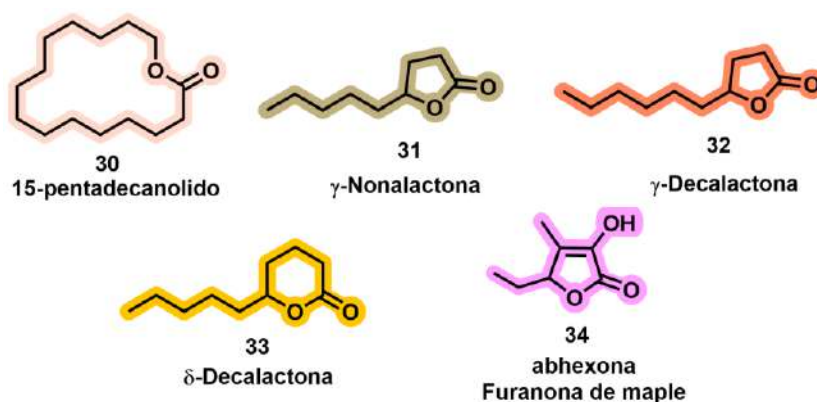


Figura 8. Estructura de algunos compuestos no terpénicos que poseen anillos de lactona usados en la elaboración de perfumes y fragancias.

Figure 8. Structure of some non-terpene compounds possessing lactone rings used in perfumes and fragrances elaboration.

Estos ejemplos ilustran la amplia gama de compuestos orgánicos de origen natural utilizados en la producción industrial de perfumes, esencias y sabores, la diversidad estructural de estos compuestos los convierte en un área de estudio fascinante y en constante evolución.

4.3. Compuestos de origen animal

Además de los compuestos de origen vegetal, algunos compuestos aromáticos importantes han sido obtenidos de fuentes animales y han sido ampliamente utilizados en la industria de perfumes y jabones (Figura 9). En México, el Senado prohibió en 2021 el uso de compuestos de origen animal en la producción de ingredientes para la industria de perfumes y fragancias, lo cual ha estimulado el desarrollo de rutas sintéticas para obtener estos compuestos, eliminando así la necesidad de sacrificar animales (DOF, 2021).

Durante muchos años, el extracto de la glándula del venado almizclero (*Moschus moschiferus* L.), que habita en el Himalaya, se utilizó para obtener perfumes con esencia de almizcle. Uno de los componentes odoríferos de este extracto es la (*R*)-muscona (**35**), cuya estructura se identificó en 1926 (Figura 9), posteriormente, se desarrollaron métodos de síntesis para evitar la necesidad de sacrificar al venado almizclero, el cual se encontraba al borde de la extinción (Sommer, 2004).

Otro compuesto aromático de origen animal es la civetona (36), química y aromáticamente relacionada con la muscona, éste compuesto se obtenía de la glándula del civeto africano (*Civettictis civetta*), que habita en los bosques del África subsahariana. La exaltona (37) es otro compuesto obtenido de la glándula del civeto chino (*Viverricula indica*).



Figura 9. Estructura de algunos compuestos de origen animal con aroma almizclado usados en la elaboración de perfumes y fragancias.

Figure 9. Structure of some compounds of animal origin with musk odor used in perfumes and fragrances elaboration.

El ámbar gris, una secreción del sistema digestivo de los cachalotes (*Physeter macrocephalus*), contiene una mezcla de compuestos, entre los que se encuentra la ambreína (38), que, aunque es relativamente inodora, por oxidación produce otros compuestos como el ambroxido (39) y el ambrinol (40) (Figura 10), estos compuestos tienen aromas similares al almizcle, aunque con diferentes matices, lo que los convierte en una materia prima muy valorada en perfumería.

Debido a que la caza indiscriminada del cachalote puso en riesgo su existencia, en 1982 se estableció una moratoria a su caza, actualmente, el principal componente del aroma, el ambroxido (39), se produce de forma sintética.

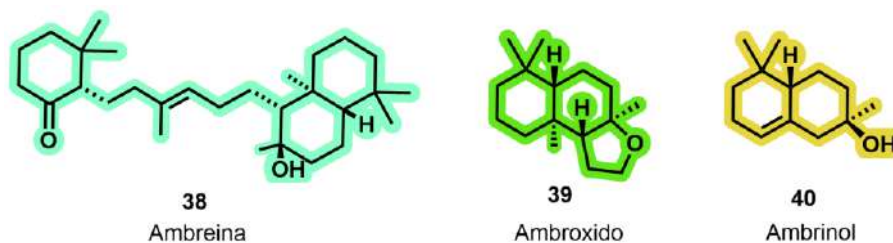


Figura 10. Estructura de algunos compuestos naturales con aromas de ámbar usados en la elaboración de perfumes y fragancias.

Figure 10. Structure of some natural compounds possessing amber odor used in perfumes and fragrances elaboration.

5. Compuestos químicos usados en perfumes y esencias de origen sintético

En la actualidad, se conocen más de 3 mil compuestos químicos utilizados en perfumería y en la elaboración de esencias (Ohloff *et al.* 2022). Además de los compuestos de origen natural mencionados anteriormente, se ha sintetizado una amplia variedad de compuestos con importantes cualidades como base para la creación de perfumes y fragancias.

Uno de los ejemplos más destacados es el de la esencia natural de lirio del valle (*Convallaria majalis*), cuyo compuesto responsable del aroma no se encuentra en cantidades suficientes para su extracción, por esta razón, se han desarrollado alternativas sintéticas que imitan el olor de esta planta, como el lilial® (41) y el hidroxicitronelal (42) (Figura 11). Curiosamente, estos compuestos fueron descubiertos de manera fortuita, demostrando el papel crucial que juega la casualidad en este campo.

Otro compuesto sintético ampliamente utilizado en la perfumería es el Iso E Super® (43) (Stepanyuk y Kirschning, 2019), conocido por su aroma amaderado que se encuentra en muchos perfumes populares. En cuanto a los compuestos sintéticos con aroma floral, la hediona (44) es un elemento indispensable debido a su aroma floral con matices de jazmín, por último, el kephalis (45) es otro compuesto sintético utilizado en perfumería para aportar notas amaderadas y ambarinas.

Debido a lo extenso de la literatura en síntesis de compuestos usados en perfumes y fragancias, no es posible presentar en este breve artículo los métodos de síntesis de las moléculas anteriormente discutidas, para el lector interesado en esta área, se recomienda el trabajo de Surburg y Panten (Surburg *et al.* 2016)

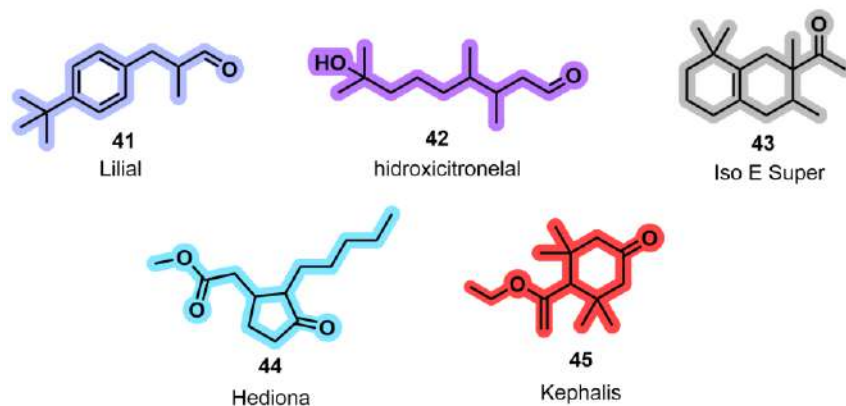


Figura 11. Estructura de algunos compuestos sintéticos usados en la elaboración de perfumes y fragancias.
Figure 11. Structure of some synthetic compounds used in perfumes and fragrances elaboration.

6. Perspectivas actuales en la química de perfumes y esencias

En la actualidad, el consumidor es cada vez más consciente del impacto ambiental y en la salud de los perfumes y fragancias, esto ha conducido a una mayor exigencia de transparencia en cuanto al origen de los ingredientes y su método de fabricación. Especialmente se ha exigido que los productos de origen natural estén certificados de que se obtienen por medios de vida sostenibles, libres de explotación, en condiciones de trabajo seguras y con cadenas de suministro transparentes.

Por otra parte, también hay una demanda de obtención de productos libres de maltrato y crueldad animal.

Adicionalmente, en la actualidad se ha vuelto tendencia el estudio de la degradabilidad de los productos, la meta es que entre consumidores y compañías productoras exista un equilibrio entre la biodegradabilidad y la sustentabilidad con las características y costo de las materias primas como el producto final (Elterlein *et al.* 2024), lo que ha provocado que los gobiernos implementen regulaciones y estándares con la finalidad de promover la sostenibilidad de la industria de perfumes y fragancias

7. Perfumes legendarios

Algunos perfumes han pasado a la historia por su singularidad y capacidad para perdurar en el tiempo (Turin 2006). Uno de los más icónicos es el Chanel n° 5, creado en 1921 por Ernest Beaux para Gabrielle Chanel, que se convirtió en un éxito mundial instantáneo, Chanel no 5 incluye entre sus componentes limoneno (2), linalol (8), y ionona (21). Otros perfumes legendarios incluyen Arpège de Lanvin (1927) que contiene limoneno (2), geraniol (5), citral (7) linalol (8), eugenol (15) e ionona (21). Joy de Jean Patou (1930) el cual incorpora entre sus componentes geraniol (5), linalol (8) y jasmona (27), Opium de Yves Saint Laurent (1977) cuya composición incluye limoneno (2), geraniol (5), citral (7), eugenol (8) y hidroxicitronelol (42). Estas fragancias no solo han definido épocas, sino que también han dejado una marca indeleble en la industria del perfume.

Conclusiones y perspectivas

La industria de perfumes y fragancias es económicamente relevante, proyectándose alcanzar un valor de \$37,300 millones de dólares para el año 2026. Esta cifra abarca no solo los materiales y productos utilizados en la creación de perfumes y fragancias, sino también aquellos empleados en productos de consumo general, como sabores en alimentos, compuestos para detergentes, jabones, champú y productos de limpieza, entre otros.

La creciente demanda de productos naturales, considerados más saludables, ha afectado incluso a la industria de la perfumería, y está estrechamente relacionada con el aumento en la demanda de compuestos y productos naturales. La química desempeña un papel fundamental en esta área, permitiendo la obtención de moléculas sintéticas con diversos olores y contribuyendo a la preservación de la biodiversidad animal al eliminar la necesidad de sacrificar animales para obtener materiales utilizados en perfumería.

En conclusión, la industria de perfumes y productos esenciales se encuentra en una apasionante fase de crecimiento y cambio, impulsada por la innovación, la sostenibilidad y la expansión global, las empresas que puedan adaptarse a estas tendencias emergentes y responder a las expectativas cambiantes de los consumidores tienen buenas posibilidades de tener éxito en el futuro. En este artículo se ha intentado dar una visión general que estimule el aprendizaje y estudio de las ciencias químicas y poner en contexto su utilidad en cosas de la vida cotidiana como los perfumes y fragancias.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

References

- Armanino, N., Charpentier, J., Flachsmann, F., Goeke, A., Liniger & M., Kraft, P. (2020). What's hot, what's not: the trends of the past 20 years in the chemistry of odorants. *Angewandte Chemie International Edition*, 59, 16310-16344. <https://doi.org/10.1002/anie.202005719>.
- Boelens, M., Boelens, H. & Boelens, H. (2003). Some aspects of qualitative structure-odor relationships. *Perfumer and Flavorist*, 28, 36-45.
- Breitmaier, E. (2006). Terpenes: flavors, fragrances, pharmaca, pheromones. Wiley.
- Britten-Kelly, M. (2001). New aroma chemicals: The rosy future. *Perfumer and flavorist*, 26, 34-40.
- Clark, G. S. (1990). Leaf alcohol. *Perfumer and Flavorist*, 15, 47-52.
- David, O. R. & Doro, F. (2023). Industrial fragrance chemistry: a brief historical Perspective. *European Journal of Organic Chemistry*, 26, e202300900. <https://doi.org/10.1002/ejoc.202300900>.
- Diario Oficial de la Federación. (2021). Reforma a la Ley General de Salud que prohíbe a la industria cosmética experimentar con animales. Nota N° 658.
- Elterlein, F., Bugdahn, N. & Kraft, P. (2024). Sniffing Out the Sustainable Future: The Renewability Revolution in Fragrance Chemistry. *Chemistry European Journal*, 30, e202400006. <https://doi.org/10.1002/chem.202400006>.
- Forezi, L.S.M., Ferreira, P.G., Hüther, C.M., da Silva, F. de C. & Ferreira, V.F. (2022). Aqui tem Química: parte IV. Terpenos na Perfumaria. *Revista Virtual de Química*, 14, 1005-1024. <http://dx.doi.org/10.21577/1984-6835.20220055>.
- Fráter, G., Bajgrowicz, J.A., & Kraft, P. (1998). Fragrance chemistry, *Tetrahedron*, 54, 7633-7703. [https://doi.org/10.1016/S0040-4020\(98\)00199-9](https://doi.org/10.1016/S0040-4020(98)00199-9).
- Gopi, S., Sukumaran, N. M., Jacob, J., & Thomas, S. (Eds.). (2023). Natural Flavors, Fragrances, and Perfumes. Chemistry, Production, and Sensory Approach. Wiley-VCH.
- Korthou, H., & Verpoorte, R. (2007). Vanilla. In *Flavours and fragrances, chemistry, bioprocessing and sustainability* (pp. 203-217). Springer.
- Kraft, P., Bajgrowicz, J. A., Denis, C., & Fráter, G. (2000). Odds and trends: recent developments in the chemistry of odorants. *Angewandte Chemie International Edition*, 39, 2980-3010. [https://doi.org/10.1002/1521-3773\(20000901\)39:17%3C2980::AID-ANIE2980%3E3.0.CO;2-%23](https://doi.org/10.1002/1521-3773(20000901)39:17%3C2980::AID-ANIE2980%3E3.0.CO;2-%23).
- Ohloff, G., Pickenhagen, W., Kraft, P., & Grau, F. (2022). Scent and chemistry: the molecular world of odors. Wiley.
- Petroianu, G. A., Stegmeier-Petroianu, A., & Lorke, D. E. (2018). Cleopatra: from turpentine and juniper to ionone and irone. *Die Pharmazie-An International Journal of Pharmaceutical Sciences*, 73, 676-680. <https://doi.org/10.1691/ph.2018.8142>.

- Pino Alea, J. A. (2015). Aceites esenciales: química, bioquímica, producción y usos. *Editorial Universitaria*.
- Rowe, D. J. (Ed.). (2009). Chemistry and technology of flavours and fragrances. *Wiley*.
- Scognamiglio, J., Jones, L., Letizia, C. S., & Api, A. M. (2012). Fragrance material review on cis-jasmone. *Food and chemical toxicology*, 50, S613-S618. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.03.026>.
- Sell, C.S. (Ed.). (2008). The Chemistry of fragrances—from perfumer to consumer. Segunda Edición, *RSC*.
- Sell, C. S. (2019). A fragrant introduction to terpenoid chemistry. *RSC*.
- Singer, M. S., & Shepherd, G. M. (2005). Toward a rational structure–function analysis of odour molecules: the olfactory receptor TM4 domain. In *Flavours and Fragrances* (pp. 3-10). *Woodhead Publishing*.
- Sommer, C. (2004). The role of musk and musk compounds in the fragrance industry. In *Synthetic Musk Fragrances in the Environment* (pp. 1-16). *Springer*.
- Stepanyuk, A., & Kirschning, A. (2019). Synthetic terpenoids in the world of fragrances: Iso E Super® is the showcase. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*. 15, 2590-2602. <https://doi.org/10.3762/bjoc.15.252>.
- Surburg, H., & Panten, J. (2016). Common fragrance and flavor materials: preparation, properties and uses. Sexta edición. *Wiley*.
- Turin, L. (2006). The Secret of Scent. Adventures in Perfume and the Science of Smell. *Harper Collins*.

2024 TECNOCIENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Submerged fermentation with fruit and vegetable waste on organic acid production and enzymatic activity

Fermentación sostenible con desechos de frutas y verduras para la producción de ácidos orgánicos y actividad enzimática

Oscar Tello-Pérez¹, David Chávez-Flores¹, María Aurora Martínez-Trujillo², Francisco Javier Zavala-Díaz de la Serna¹, Beatriz A. Rocha-Gutiérrez¹, Lourdes Ballinas-Casarrubias¹, Héctor Rubio-Arias³ and María del Rosario Peralta-Pérez^{1*}

¹ Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Químicas, Campus Universitario 2. Circuito Universitario s/n, Chihuahua, Chihuahua. C.P. 31125, México.

² Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec. Av. Tecnológico S/N, Col. Valle de Anáhuac, CP 55210, Ecatepec de Morelos, Estado de México, México.

³ Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootecnia y Ecología, Periférico. R. Almada. km. 1. Chihuahua, Chihuahua C.P. 31453, Mexico.

*Correspondencia: Correo electrónico: mperalta@uach.mx (María del Rosario Peralta-Pérez)

DOI: <https://doi.org/10.54167/tch.v18i2.1573>

Recibido: 19 de junio de 2024; Aceptado: 02 de septiembre de 2024

Publicado por la Universidad Autónoma de Chihuahua, a través de la Dirección de Investigación y Posgrado.

Editor de Sección: Dr. Gerardo Méndez-Zamora

Abstract

Fermentations often require the addition of nutrients or inoculants, along with the control of specific parameters. This leads to increased operational costs and complicates implementation, especially in areas with limited interest in organic waste treatment. The objective was to conduct submerged fermentation without adding of inoculum, using solely fruit and vegetable waste, to evaluate organic acid levels and enzymatic activities as an alternative for producing high-value-added products. To achieve this, waste from oranges, bananas, apples, carrots, papayas, and pineapples was utilized; these were placed in a 6 L plastic container with 4 L of distilled water and 400 g of piloncillo (jaggery). Fermentation progress was monitored over 49 days, with a 30 mL sample analyzed every 7 days. Organic acids were quantified via HPLC-UV; reducing and total sugars, proteins, and enzymatic activities were determined using spectrophotometry. A significant concentration of lactic acid (16.53 g/L), comparable to that observed in cultures featuring specialized microorganisms, was noted. The

highest pectinase activity was recorded on day 28 (55 U/L). These findings highlight the potential for generating high-value-added products through submerged fermentations.

Keywords: bioproducts, food waste, lactic acid, submerged fermentation, waste valorization

Resumen

Las fermentaciones frecuentemente requieren la adición de nutrientes o inóculos, así como el control de ciertos parámetros. Esto aumenta los costos operativos y dificulta su implementación, especialmente en lugares donde no hay interés en tratar residuos orgánicos. El objetivo fue realizar una fermentación sumergida sin la adición de inóculo y utilizando solo residuos de frutas y verduras para evaluar la cantidad de ácidos orgánicos y actividades enzimáticas como alternativa para obtener productos de alto valor agregado. Para ello, desechos de naranja, plátano, manzana, zanahoria, papaya y piña se utilizaron y colocaron en un recipiente de plástico de 6 L con 4 L de agua destilada y 400 g de piloncillo. La fermentación se monitoreó durante 49 días analizando una muestra de 30 mL cada 7 días. Ácidos orgánicos se cuantificaron por cromatografía de líquidos, mientras que azúcares reductores y totales, proteínas y actividades enzimáticas se determinaron por espectrofotometría. La concentración de ácido láctico (16.53 g/L) fue similar a la obtenida con microorganismos especializados. La mayor actividad de pectinasa (55 U/L) se registró al día 28. Los resultados demuestran que se pueden obtener productos de alto potencial biológico mediante fermentaciones sumergidas.

Palabras clave: bioproductos, residuos alimentarios, ácido láctico, fermentación sumergida, valorización de residuos.

1. Introduction

About 1.3 billion metric tons of food are wasted in the world annually. It is estimated that about nearly one third of all cereals, and half of all fruits and vegetables are wasted. In some developing countries with hot and humid climates, the unsuitable post-harvest treatment of fruit and vegetables within the storage and transport infrastructure leads to the deterioration of these products. The food processing and manufacturing industry produces food losses due to damage during transportation, unsuitable transport systems, issues during storage, losses during processing, raw material contamination, improper packaging, and others (Papargyropoulou *et al.*, 2014). The retail and wholesale system also generate food waste due to problems in storage and handling, and lack of refrigeration. The generation of food waste by the end consumer is caused by excessive or inappropriate purchasing, poor storage conditions, improper preparation or cooking, excessive portions that will not be eaten, and due to confusion between expiration and use by dates (Dou and Toth, 2021).

Food spoilage and waste have serious environmental, social, and economic impacts. Food waste has a negative impact on climate change due to great water consumption during food production, along with the emission of considerable amounts of greenhouse gasses such as methane and CO₂. Some authors estimated that in US, food waste exceeds 55 million metric tons annually (Conrad, 2020).

This amount is almost 29 % of annual production, generating at least 113 million metric tons of CO₂, representing 2 % of national emissions, and costing the US \$198 billion.

The most common way to dispose of food waste is via landfill. In many countries, food waste is mixed with household waste and dumped in landfills. Therefore, food waste is considered part of municipal solid waste (Giroto *et al.*, 2015). This waste generates greenhouse gases like methane and carbon dioxide and no value-added product or benefit can be obtained from landfilled waste. Furthermore, leachate is another problem related to the presence of food waste in landfills. Landfilling and incineration represent the most undesirable options for food waste management (Mian *et al.*, 2017). However, these practices are increasingly used because food waste has a very complex chemical composition, as it is rich in carbohydrates, proteins, and lipids depending on the type and origin of the wasted food, and this affects the speed and feasibility of its treatment.

Some countries like Germany recycles 64 % of organic waste, Austria 58 %, and USA 34.5 %. Although food waste decreased during the COVID-19 pandemic, México is the Latin American country that generates the highest amount of food waste, approximately 39 %, consisting of fruits, vegetables, and bread (Vargas-López *et al.*, 2022). In the particular case of Mexico, investment in food waste treatment is low, so economical and efficient alternatives need to be proposed to demonstrate the benefits and profitability of food waste treatment.

Due to the chemical composition of food waste, several treatment methods can be developed and used to obtain value-added products such as biofuels, organic acids, enzymes, and other important biocomposites from food waste. Some of the applications that are creating more value in the market are: animal feed (selling price: \$70-200/ton of biomass), electricity generation (\$60-150/ton of biomass), biofuels (\$200-400/ton of biomass) and biocomposites like organic acids, enzymes, and biodegradable plastics (\$1000/ton of biomass) (Kiran *et al.*, 2014; Mujtaba *et al.*, 2023).

There is extensive research focused on the production of high-value-added biocomposites. This research work focuses on the evaluation of the conditions needed to produce value-added biocomposites from waste, coupled with the principle of zero waste, and has given rise to the industrial symbiosis where the waste produced by a company is processed immediately using additional treatment. However, to apply the concept of industrial symbiosis, it is necessary to identify, characterize and quantify the waste to know its potential for producing biocomposites (Mirabella *et al.*, 2014). Fermentation of food waste has been successfully used to produce several organic products like volatile fatty acids (Lee *et al.*, 2014) or L-lactic acid and both products are used in the production of biodegradable plastics and bioenergy.

Furthermore, large amounts of some types of enzymes are commonly used in industrial processes. Knowledge about enzymes has led researchers to develop new technologies for their production using cheaper substrates. Several kinds of food waste have been used to produce enzymes such as lipases, proteases, cellulases, amylases and pectinases, particularly from fruit and vegetable waste (Panda *et al.*, 2016; Selvakumar and Sivashanmugam, 2017).

Organic acids have been reported as one of the largest categories among bioproducts and are compounds with weak acidic properties that do not dissociate totally in the presence of water. They are important due to their use as building block chemicals and application in a broad range of industries. Lactic acid has received considerable attention because of its use in the food, cosmetic, pharmaceutical, and chemical industries. It contains two reactive functional groups (carboxylic and

hydroxyl) and therefore can be subjected to a variety of chemical conversions to form other useful chemicals. Interest in this acid has increased because it can be used as a monomer to produce polylactic acid (a biodegradable plastic) (Li *et al.*, 2020).

Although research in food waste has increased in recent years, further investigation is needed to demonstrate that the treatment and use of this kind of waste is a feasible idea that provides added value and profit and is also an environmentally friendly process (Valta *et al.*, 2017). The literature reports that it is possible to obtain enzymes and organic acids from the fermentation of food waste (Merrylin *et al.*, 2020). It is important to note that the mixture used in this study is typically produced in local juice stands in México, so the implementation of a simple and economical process for waste can be an additional source of income for local stalls or it could be an incentive to treat this type of waste.

The objective of this work was to assess an anaerobic fermentation process using fruit and vegetable waste without controlling the experimental parameters like pH and temperature or adding inoculum and characterize this fermentation through the quantification of specific metabolites (e.g. organic acids and enzymes) to obtain high value-added products. This could provide an alternative to a growing generation of food waste treatments and provide green solutions to excessive food waste.

To our knowledge, there are very few studies reporting these conditions that obtain good amounts of bioproducts like organic acids and enzymes.

2. Materials y methods

Given the prevalence of fruit and juice sales sites in México, fruit waste was utilized for the study. The fruit waste, including the peels of orange, banana, apple, papaya, pineapple, and carrot bagasse were collected from a natural juice store located in downtown Chihuahua City, Mexico. The waste was not inoculated with any fungal or bacterial strain. Furthermore, no optimization was done for pH conditions, temperature, solid-liquid relation or other parameters. Fermentation occurred due to the presence of the endogenous microorganisms of the fruit and vegetables used. All the analyses were performed in duplicate.

2.1. Materials and Reagents

The food wastes were processed and fermented on the same day of their collection. Jaggery and purified water from a commercial establishment were used. All reagents employed were analytical and HPLC grade (brand J.T. Baker and Sigma Aldrich; Waltham, U.S.A.).

2.2. Fermentation preparation

The following amounts of wastes were weighed for the fermentation experiment and the duplicate: 600 g of orange peel, 200 g of banana peel, 200 g of mixed apple and carrot bagasse, 100 g of papaya peel and 100 g of pineapple bagasse. The total 1,200 g were cut into small pieces and blended in a food processor (brand Black+Decker, model FP4200B-LA, Edo.Mex, México) along with water and 400 g of jaggery (Arun and Sivashanmugam, 2015a.). The average temperature during the

fermentation time was 19.1°C and the pH was 5.0. Both containers were closed and stored in a dark and dry area in the laboratory. The fermentation was monitored for 49 d, taking a 30 mL sample from each container every 7 days, and shaking the container to homogenize the mixture before taking each sample. The samples were centrifuged in Falcon tubes at 1,000 g for 30 min. The obtained supernatant (fermentation extract) was aliquoted and stored in Eppendorf tubes at -20 °C for further analysis. Organic acids (malic, oxalic, lactic, acetic, and citric) were quantified from the fermentation extracts by means of HPLC-UV (DIONEX UltiMate 3000, brand Thermo Scientific, Waltham, U.S.A.; coupled to a UV detector). Additionally, reducing sugars, total sugars, and proteins concentrations, as well as lipase, amylase, protease and pectinase activities were quantified using spectrophotometric methods. A dialysis was done using dialysis cassettes (Slide-A-Lyzer Dialysis Cassette G2, brand Thermo Fisher Scientific; Waltham, U.S.A.) before the quantification of proteins and enzymatic activities.

2.3. Reducing and total sugars quantification

The measurements for reducing sugars were performed using the modified 3-5 dinitrosalicylic acid method (DNS method) written by Miller (1959). A dextrose calibration curve was plotted at 100-2,000 mg/L. To quantify reducing sugars, appropriate dilutions were prepared with distilled water ranging from 1:5 to 1:100.

The total sugars were determined using the phenol-sulfuric method (Dubois *et al.*, 1956). A dextrose calibration curve was plotted at 10-100 mg/L. Different dilutions were prepared with distilled water from 1:100 to 1:1,000 depending on the sugar concentrations in each of the samples.

2.4. Organic acids quantification by HPLC

Individual 10 mg/mL stock solutions were prepared of malic, lactic, citric, oxalic, and acetic acid. Different stock solution volumes were injected by the autosampler in the HPLC equipment (DIONEX UltiMate 3000, brand Thermo Scientific, Waltham, U.S.A.; coupled to a UV detector) to reach concentrations ranging from 0.156 mg/mL to 10 mg/mL. In this manner, the elution times, the UV spectrum, and the calibration curves were obtained for each acid. Fifty mM monopotassium phosphate (KH_2PO_4) was employed as the mobile phase, with a pH of 2.7 and at a flow rate of 0.7 mg/mL. A C30 column (ProntoSIL Bischoff, Leonberg, Alemania) was used at 28 °C following the modified approach by Arun & Sivashanmugam (2015b.). To quantify the organic acids in the fermentation extract, the samples were allowed to reach room temperature and filtered through 0.2 µm nylon filters (Whatman). Then, 1 mL of sample was added into a 2 mL glass vial. A volume of 2 µL was injected to perform the HPLC analysis by using the same mobile phase and parameters implemented in the quantification of stock acid solutions.

2.5. Dialysis protocol

The samples were allowed to reach room temperature and dialyzed using cassettes Slide-A-Lyzer Dialysis Cassette G2, molecular weight cutoff was 10K (brand Thermo Fisher Scientific; Waltham, U.S.A.). This was done due to the high sugar concentrations and as a way to prevent spectrophotometric interference during the measurements for proteins and enzymatic activities. The

dialysis membrane was hydrated by submerging the cassette in distilled water for 2 min. The plastic piece of the cassette was carefully placed on a paper towel to eliminate any excess humidity, avoiding any contact, drying or damage to the membrane. The cap of the cassette was removed and the sample was placed in the cassette. After filling up the cassette, the membrane surface was gently squeezed to remove the air inside, and then closed and submerged in 1 L of distilled water. The sample was dialyzed for 1 h at room temperature and slightly shaken in the process. Subsequently, the distilled water was changed and dialyzed for an additional 1 h. This procedure was followed two more times, letting it dialyze for 2 h. Lastly, the sample was left dialyzing overnight. The cassette and the cap were then removed to recover the sample for further analysis.

2.6. Proteins and enzymatic activities quantification

Proteins were measured through the Bradford method (Bradford, 1976) by using bovine serum albumin (BSA Sigma-Aldrich, St. Louis, U.S.A.) at concentrations of 10-100 mg/L.

The lipase activity assay was performed using the methodology described in Margesin *et al.* (2002). One mL of fermentation extract was added to a test tube with 5 mL of 0.1 M $\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{NaOH}$ buffer (pH 7.25) and pre-incubated at 30 °C in a water bath for 10 min. Fifty μL of a 0.1 M p-nitrophenyl butyrate (pNPB) solution was added, diluted in 2-propanol and previously stored at 20 °C. The tube contents were mixed and incubated at 30 °C for 10 min. To stop the reaction, the tube was placed in an ice bath for another 10 min. The p-nitrophenol (pNP) release was measured by reading the samples in a spectrophotometer at 400 nm. The obtained absorbance was compared to a p-nitrophenol (pNP) calibration curve at 0-15 ppm. One unit of lipase activity was defined as the amount of enzyme that released 1 μmol of p-nitrophenol under reaction conditions.

The protease activity was assayed by a modified methodology posed by Haddar *et al.* (2009). A 0.5 mL aliquot of the fermentation extract was pre-incubated at 60 °C and mixed with 0.5 mL of a casein solution dissolved at 1 % in a 0.1 M $\text{NaH}_2\text{PO}_4/\text{NaOH}$ buffer (pH 7.0). The mixture was incubated for 15 min at 60 °C, and the reaction was stopped by adding 0.5 mL of 20 % w/v trichloroacetic acid. The mixture was let cool for 5 min and then centrifuged – at room temperature for 15 min and at 1,000 G – with the purpose of removing the precipitate. 5 mL of distilled water was added to the supernatant and the absorbance was measured at 280 nm using quartz cuvettes. Since the fermentation extract contained molecules with absorbance at 280 nm, a blank was used for each of the samples. The obtained absorbance for the sample was compared to a tyrosine calibration curve at 10-220 mg/L, while zero was established with a blank. One unit of protease activity was defined as the required amount of enzyme to release 1 μg of tyrosine per minute under reaction conditions.

The gluco-amylase activity was determined based on the procedure described by Silva *et al.* (2013). Pre-incubation was performed at 45 °C for 10 min on a starch solution dissolved at 1 % in a 0.2M acetates solution (pH 5.0). An amount of 0.5 mL of enzymatic extract was added and then incubated for 20 min at 45 °C. Afterwards, 1 mL of 3-5 dinitrosalicylic acid reagent was added. A blank was prepared for each sample. The samples were boiled for 5 min and 5 mL of distilled water was placed in each of them. The absorbance was measured at 575 nm, adjusting to zero with a blank. The released sugars concentration was estimated by using a dextrose calibration curve at 100-2,000 mg/L. One unit of gluco-amylase activity was defined as the amount of enzyme that was needed to release 1 μmol of dextrose under reaction conditions.

The pectinase activity was assayed in accordance with the proposed methodology by Martínez-Trujillo *et al.* (2009). A 0.5 mL aliquot from a pectin solution dissolved at 0.5 % in a 0.2M acetates buffer (pH 5.0) was pre-incubated at 45 °C to be mixed with 0.5 mL of fermentation extraction. The mixture was incubated for 20 min at 45 °C, and the reaction stopped when 1 mL of 3,5 dinitrosalicylic acid was added. Once again, a blank was prepared for each of the samples. The samples were boiled for 5 min and 5 mL of distilled water was placed in each of them. The absorbance read was recorded at 575 nm by adjusting the spectrophotometer with a blank. The released sugars concentration was calculated using a galacturonic acid curve at 50-1,000 mg/L. One unit of pectinase activity was defined as the required amount of enzyme to release 1 μ mol of galacturonic acid under specific reaction conditions.

3. Results and discussion

Fig. 1 shows the development of reducing and total sugars over fermentation time. The initial concentrations were 27.2 and 81.4 g/L, respectively. At the beginning of the fermentation time, most of the sugars were not reducing sugars; however, the analysis performed on day 7 suggested that total sugars were converted into reducing sugars. On day 7, the total sugars concentration was 63.5 g/L, while the reducing sugars concentration was 61.8 g/L. By day 14, both concentrations drastically decreased and stabilized. These results helped identify the sugar consumption profile during the fermentation process.

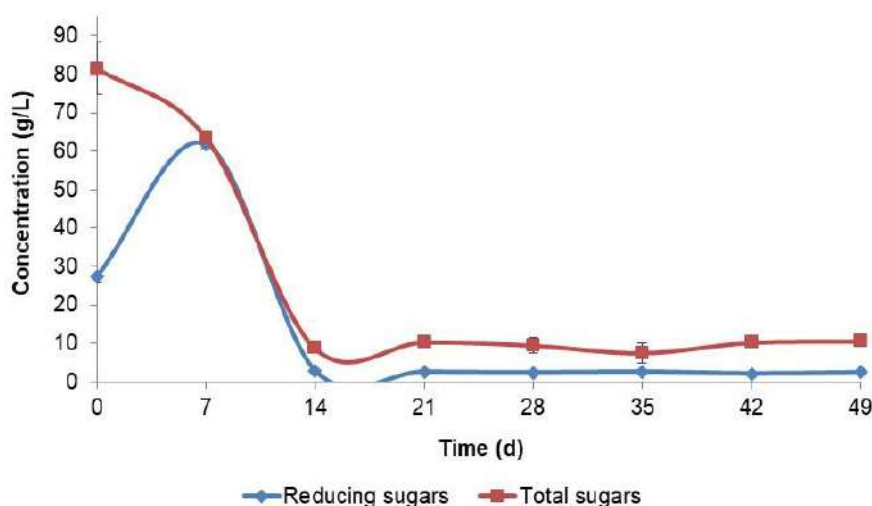


Figure 1. Comparison of concentration reducing sugars and total sugars over fermentation time. The average of three repetitions and their standard deviation are indicated in the graph.

Figura 1. Comparación de la concentración de azúcares reductores y azúcares totales durante el tiempo de la fermentación. Se indica en la gráfica el promedio de tres repeticiones y su desviación estándar.

Due to the fact that the experiment was performed on a complex material mixture containing various polysaccharides, the increase in the reducing sugars concentration after 7 days may have been caused by their hydrolysis. The hydrolysis was catalyzed by enzymes and/or the endogenous microorganisms present in the bulk (Shrestha *et al.*, 2017). In the present study, the sugars concentration after day 14 of fermentation remained constant, the consumption of the reduced sugars occurred at the same velocity as the consumption of the total sugars. Despite this fact, it was decided to continue fermentation in order to give time for the production or accumulation of biocomposites.

All acids were able to be quantified in a single injection since their peaks had distinct elution times and could be easily identified under the conditions implemented. These chromatograms were useful to determine the UV absorption spectrum and elution time for each of the acids. By injecting different volumes of the standard solutions, it was possible to create a calibration curve that could quantify the acid concentrations in the fermentation extracts.

The quantification of organic acids over time is plotted in Fig. 2. Low oxalic acid and malic acid concentrations were observed at the beginning of the fermentation (0.3 g/L and 6.1 g/L respectively). The oxalic acid concentration remained unchanged, while the malic acid showed values close to zero after 7 days. At time zero, the citric acid was found to have a concentration of 0.4 g/L. After that, no citric acid was detected. Evidently, no citric, malic or oxalic acid were produced during the fermentation.

On the other hand, lactic acid production throughout the fermentation showed increasing behavior from day 7 and reached its maximum (16.53 g/L) on day 42. Such level had no significant variation after 21 days of fermentation. Additionally, a smaller production of acetic acid was found, which reached 2.60 g/L in almost of the observations.

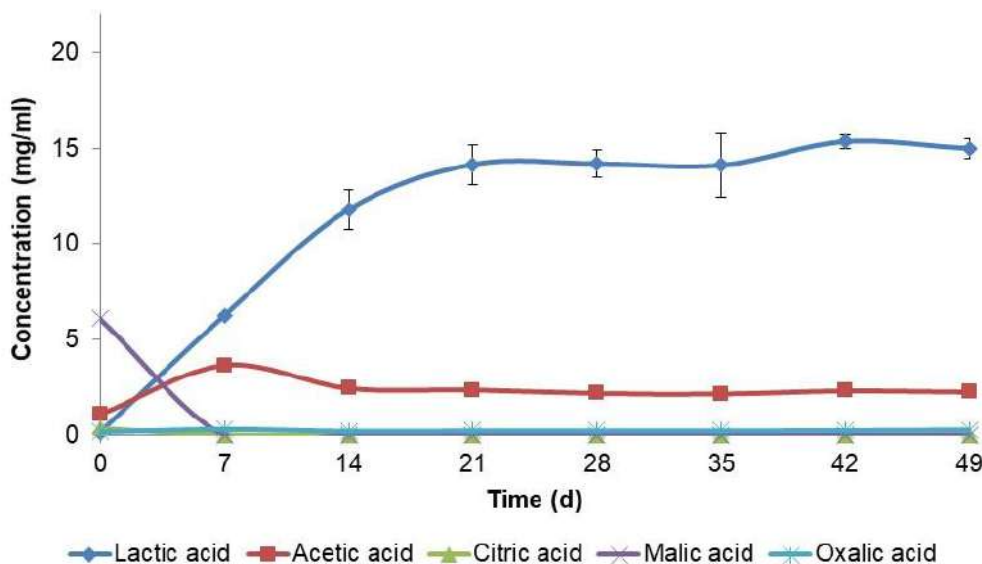


Figure 2. Organic acids quantification (lactic, acetic, citric, malic, oxalic acid) by HPLC. The average of three repetitions and their standard deviation are indicated in the graph.

Figura 2. Cuantificación de ácidos orgánicos (láctico, acético, cítrico, málico y oxálico) por HPLC. Se indica en la gráfica el promedio de tres repeticiones y su desviación estándar.

No citric acid, malic acid or oxalic acid production was observed, which suggests that fermentation occurred under anaerobic conditions. This can be supported by the high lactic acid concentration (16.53 g/L) obtained from day 21. Furthermore, it can be suggested that the fermentation was a lactic anaerobic system. It is known that lactic acid bacteria (LAB) are present in plant tissues (Sharma *et al.*, 2020; Yu *et al.*, 2020).

A low acetic acid concentration was also detected after the 7th day. Lactic acid and acetic acid have been produced by a wide variety of food wastes through different anaerobic fermentation systems. Li *et al.* (2015) studied acetic acid production from cafeteria food waste by using yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and acetobacteria (lyophilized beer vinegar) in lab-scale batch fermenters for 10 days. The bioreactor containing both yeast and acetobacteria had the highest acetic acid production (25.88 g/L). The bioreactor in which only yeast was used produced 16.18 g/L of acetic acid, while the one with acetobacteria produced 20.51 g/L. These production results were similar to the ones obtained in this study. However, it must be highlighted that the investigation was carried out with native microbiota which could decrease production costs as it eliminates the need to prepare an inoculum or provide control for the fermentation process. This is especially important in countries such as Mexico, where there is little capacity for economic investment in the treatment of waste. In future studies, it would be relevant to determine the microbial population composition throughout the fermentation.

Furthermore, lactic acid is the most available organic acid on the planet and can be produced through either fermentation or chemical synthesis, yet it has been documented that 90 % of its production is done by bacterial fermentation (Panda *et al.*, 2016). The lactic acid concentration achieved in this study was lower than that reported in other works (Yuan *et al.*, 2018; Abedi and Hashemi, 2020). However, it is important to emphasize that we attained this production in just one week without strict control of experimental conditions, highlighting the efficiency of the process employed. For instance, Song *et al.*, 2022a. investigated lactic acid production with mango skin using a submerged spontaneous anaerobic fermentation process. The results showed a maximum production around of 26.8 g/L obtained with an initial pH of 6.8, an incubation time of 30 d and at 37 °C.

The amount of lactic acid produced during fermentation with food waste highly depends on variables such as type of food, sugars concentration, treatment prior to fermentation, type of fermentation, conditions (pH, agitation, aeration, temperature, and others), equipment used and inoculum type (Song *et al.*, 2022b.).

Wang *et al.* (2016) measured lactic acid production through food waste fermentation (fruit, vegetables, chicken, fish and rice) without pH adjustments, sterilization or inoculum addition. Their results determined that amylase addition increased lactic acid production up to 22 g/L after 72 h, and 26 g/L after 192 h. The process was brought to a pilot plant scale in a fermenter with 20 kg of food waste, 20 kg of water and 25 U of amylase for every gram of dry material. After 48 h, a lactic acid production of 21.5 g/L was achieved. This quantity is around 5 g/L larger than the one obtained in this study. This is an encouraging fact since this study was performed without any type of control, thus production expenses were lower. Additionally, sugars consumption ended after 14 d and the highest lactic acid production was registered at day 21, even though the fermentation was performed for 49 d. This indicates that fermentation time can be reduced.

Fig. 3 presents the proteins concentration throughout the fermentation process. The maximum concentration measurement (59.7 g/L) was obtained after 14 d of fermentation. From day 28 on, the proteins concentration remained almost at a constant value of 25 g/L. The maximum protein

concentration coinciding with the peak lactic acid production and the greatest in reducing sugars concentration. Although it was not possible to determine microbial growth due to the system's complexity, these coincidences may be attributed to the culture being in the exponential growth phase, fully adapted to the system, and thus capable of consuming the carbon source (sugars) without requiring further changes in proteins production.

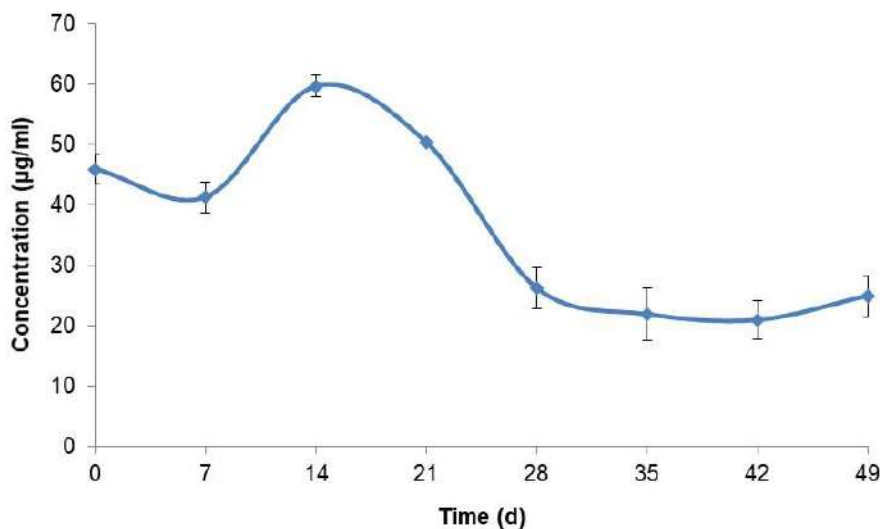


Figure 3. Total proteins quantification during fermentation. The average of three repetitions and their standard deviation are indicated in the graph.

Figura 3. Cuantificación de proteínas totales durante la fermentación. Se indica en la gráfica el promedio de tres repeticiones y su desviación estándar.

A study that used a similar culture medium composition to this work quantified the amount of proteins over 3 months of fermentation, and the only difference was the type of food wastes. The results determined that the proteins concentration was 42 mg/L after the fermentation was completed (Arun and Sivashanmugam, 2015a.). This production was 30 % larger than the proteins concentration obtained on day 49 of fermentation in this study (29.5 mg/L). This result may differ because the food waste used and the methodology followed were not the same, and this supports the hypothesis that the biocomposites obtained depend on the waste food source.

Fig. 4 plots the quantification for lipase activity and pectinase activity during fermentation. Lipase activity increased and reached its highest value on day 49 (7.7 U/L), while the pectinase activity was detected after the 14th day of fermentation and its maximum measurement was obtained after 28 days (55 U/L). From that day on, a small decline in the pectinase activity in the fermentation extracts was observed in 35 d and 42 d, increasing again on day 49 d. No amylase or protease activity was found.

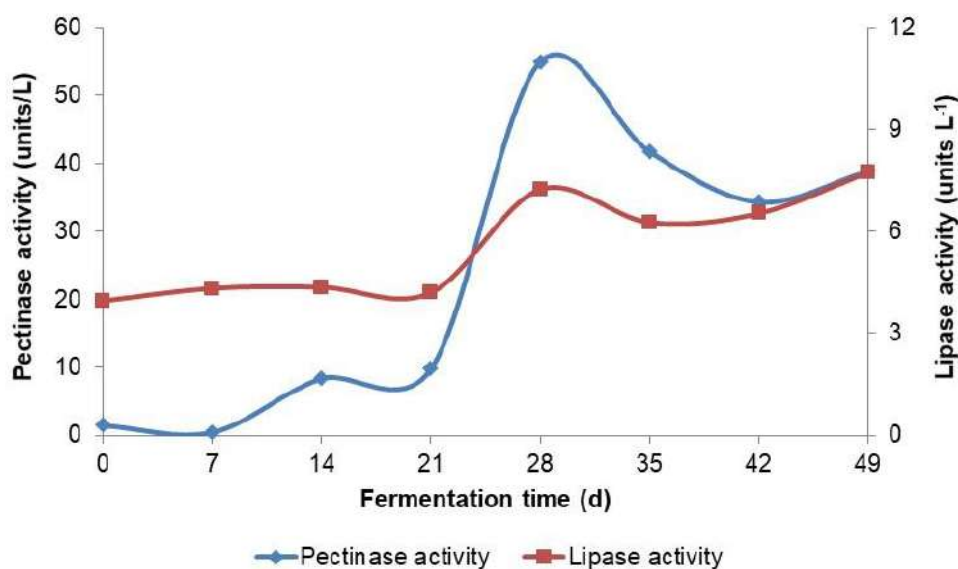


Figure 4. Lipase activity and pectinase activity quantification during fermentation. The average of three repetitions and their standard deviation are indicated in the graph.

Figura 4. Determinación de la actividad lipase y actividad pectinase durante la fermentación. Se indica en la gráfica el promedio de tres repeticiones y su desviación estándar.

As for enzymatic activities, amylase activity was not found at any point in the fermentation process, whereas protease activity was detected slightly from the beginning of the process. This result can be attributed to the fact that not enough enzymes were present due to the low protein and starch concentrations in the food waste. It is worth noting that no references were found regarding lipase production by using orange waste as raw material and p-Nitrophenol esters for enzymatic activity quantification. At time zero of the fermentation, an activity of 0.0039 U/mL was detected. This may be a result from the chemical equilibrium in the reaction ($\text{p-nitrophenyl butyrate} \leftrightarrow \text{p-nitrophenol} + \text{butyrate}$), where the reaction occurs in both directions. It is well understood that only a few reactions move in one direction, most are reversible to some degree. The lipase activity may be due the endogenous enzymatic activity of the fruit wastes. This could be attributed to the fact that papaya wastes were fermented and it is known that they present lipolytic activity (Rivera *et al.*, 2017). In a study developed by Okino-Delgado and Fleuri (2014), the presence of lipases in wastes from the orange juice processing industry was proven for the first time. Three of the assayed wastes – referred to as skin, core and fruit – presented lipolytic activity.

Inducible lipases production from food waste, mainly from lipids-rich wastes like vegetable oils, has been described in the past. Fibriana *et al.* (2020) documented large-scale lipase production employing microorganisms such as fungi and bacteria in the presence of oil or fat in the substrates, the lipase activity was in the range from 20 to 460 U/mL depending on the conditions employed.

At days 0 and 7, pectinase activity was not registered, most likely because at high reducing sugars concentrations, microorganisms do not have the need to use polysaccharides as an energy source. The decrease in pectinase activity after the 28th day could have resulted from the pectin reduction, a polysaccharide that may have been present during the fermentation. Another reason to explain the

decrease in the activity can be attributed to the lactic acid production which decreases the pH. The optimal pH for most pectinases has been reported to be around 5.8 (KC *et al.*, 2020). The pectinase activity observed in this study (0.055 U/mL) can be attributed to the high pectin content of the orange skin.

Food waste represents a major global issue with ethical, moral and social implications, as well as economic, environmental and health impacts. Therefore, the study of this topic should not be taken lightly, and relevant information to help reduce food waste should reach all strata of society.

4. Conclusiones

The results evidenced that value-added products can be obtained through submerged spontaneous fermentations. Significant quantities of lactic acid and pectinase activity were produced, both occurred in just 14 days of fermentation. These findings highlight the potential for generating high-value-added products through submerged fermentations. The products obtained in this fermentation could be tested in the future as a household cleaning solution or as a raw material to produce biofertilizers and biodegradable plastics.

Author Contributions

Conceptualization, David Chávez-Flores and Ma. Rosario Peralta-Pérez; methodology, Beatriz A. Rocha-Gutiérrez; validation, María Aurora Martínez-Trujillo; formal analysis, Lourdes Ballinas-Casarrubias; research, Óscar Tello-Pérez.; data retention, Francisco Javier Zavala-Díaz de la Serna; writing of the original draft, Óscar Tello-Pérez.; writing-proofreading and editing, Héctor Rubio-Arias.; supervision, Ma. Rosario Peralta-Pérez.

Acknowledgments

This study was supported in part by the Chemistry Department of the Autonomous University of Chihuahua. The contents are solely the responsibility of the authors and do not represent the official views of the funding agencies.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest. The founding sponsors had no role in the design of the study; in the collection, analyses, or interpretation of data; in the writing of the manuscript, and in the decision to publish the results.

5. References

- Abdel-Rahman M. A., Y. Tashiro & K. Sonomoto. (2013). Recent advances in lactic acid production by microbial fermentation processes. *Biotechnology Advances* 31 (6). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.04.002>
- Arun C. & P. Sivashanmugam. (2015a). Investigation of biocatalytic potential of garbage enzyme and its influence on stabilization of industrial waste activated sludge. *Process Safety and Environmental Protection* 94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2014.10.008>
- Arun C. & P. Sivashanmugam. (2015b). Identification and optimization of parameters for the semi-continuous production of garbage enzyme from pre-consumer organic waste by green RP-HPLC method. *Waste Manage* 44. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.07.010>
- Bradford M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Chemistry* 72 (1-2). DOI: [https://doi.org/10.1016/0003-2697\(76\)90527-3](https://doi.org/10.1016/0003-2697(76)90527-3)
- Domínguez A., F.J. Deive, M.A. Angeles-Sanroman & M.A. Longo. (2010). Biodegradation and utilization of waste cooking oil by *Yarrowia lipolytica* CECT 1240. *European Journal of Lipid Science and Technology* 112 (11), 1200–1208. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejlt.201000049>
- Dou Z. & J.D. Toth. (2021). Global primary data on consumer food waste: Rate and characteristics—A review. *Resources, Conservation and Recycling* 168. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105332>
- Dubois M., K.A. Gilles, J.K. Hamilton, P.A. Rebers & F. Smith. (1956). Colorimetric Method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry* 28 (3), 350-356. DOI: <https://doi.org/10.1021/ac60111a017>
- Falony G., J.C. Armas, J.C.D. Mendoza & J.L.M. Hernández. (2006). Production of extracellular lipase from *Aspergillus niger* by solid-state fermentation. *Food Technology and Biotechnology* 44 (2), 235–240.
- Giroto F., L. Alibardi & R. Cossu. (2015). Food waste generation and industrial uses: A review. *Waste Management* 45, 32-41. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.06.008>
- Haddar A., R. Agrebi, A. Bougatef, N. Hnmidet, A. Sellami-Kamoun & M. Nasri. (2009). Two detergent stable alkaline serine-proteases from *Bacillus mojavensis* A21: Purification, characterization and potential application as a laundry detergent additive. *Bioresource Technology* 100 (13), 3366-3373. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.01.061>
- Hofvendahl K. & B. Hahn-Hägerdal. (2000). Factors affecting the fermentative lactic acid production from renewable resources. *Enzyme and Microbial Technology* 26 (2-4), 87-107. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0141-0229\(99\)00155-6](https://doi.org/10.1016/S0141-0229(99)00155-6)
- Jawad A.H., A.F. Alkarkhi, O.C. Jason, A.M. Easa & N.N. Norulaini. (2013). Production of the lactic acid from mango peel waste—factorial experiment. *Journal of King Saud University - Science* 25 (1), 39-45. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2012.04.001>
- Jayani R.S., S. Saxena & R. Gupta. (2005). Microbial pectinolytic enzymes: a review. *Process Biochemistry* 40 (9), 2931-2944. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2005.03.026>
- Kiran E.U., A.P. Trzcinski, W.J. Ng & Y. Liu. (2014). Enzyme Production from Food Waste: Using a Biorefinery Concept. *Waste and Biomass Valorization* 5 (6), 903-917. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-014-9311-x>
- Lee W.S., A.S.M. Chua, H.K. Yeoh & G.C. Ngoh. (2014). A review of the production and applications of waste-derived volatile fatty acids. *Chemical Engineering Journal* 235, 83-99. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.09.002>

- Li Y., D. He, D. Niu & Y. Zhao. (2015). Acetic acid production from food wastes using yeast and acetic acid bacteria micro-aerobic fermentation. *Bioprocess and Biosystems Engineering* 38 (5), 863-869. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00449-014-1329-8>
- Maciel M., C. Ottoni, C. Santos, N. Lima, K. Moreira & C. Souza-Motta. (2013). Production of polygalacturonases by *Aspergillus* section *Nigri* strains in a fixed bed reactor. *Molecules* 18 (2), 1660-1671. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules18021660>
- Margesin R., G. Feller, M. Hämmerle, U. Stegner & F. Schinner. (2002). A colorimetric method for the determination of lipase activity in soil. *Biotechnology Letters* 24 (1), 27-33. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1013801131553>
- Martínez-Trujillo A., L. Arreguín-Rangel, M. García-Rivero & G. Aguilar-Osorio. (2011). Use of fruit residues for pectinase production by *Aspergillus flavipes* FP-500 and *Aspergillus terreus* FP-370. *Letters in Applied Microbiology* 53 (2), 202-209. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2011.03096.x>
- Mian M.M., X. Zeng, A.A.N.B. Nasry & S.M. Al-Hamadani. (2017). Municipal solid waste management in China: a comparative analysis. *Journal of Material Cycles and Waste Management* 19 (3), 1127-1135. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10163-016-0509-9>
- Miller G.L. (1959). Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry* 31, 426-428. DOI: <https://doi.org/10.1021/ac60147a030>
- Mirabella N., V. Castellani & S. Sala. (2014). Current options for the valorization of food manufacturing waste: a review. *Journal of Cleaner Production* 65, 28-41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.10.051>
- Mujtaba M., L.F. Fraceto, M. Fazeli, S. Mukherjee, S.M. Savassa, G.A. de Medeiros & F. Vilaplana. (2023). Lignocellulosic biomass from agricultural waste to the circular economy: a review with focus on biofuels, biocomposites and bioplastics. *Journal of Cleaner Production* 402. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136815>
- Okino-Delgado C.H. & L.F. Fleuri. (2014). Obtaining lipases from byproducts of orange juice processing. *Food Chemistry* 163, 103-107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.04.090>
- Panda S.K., S.S. Mishra, E. Kayitesi & R.C. Ray. (2016). Microbial-processing of fruit and vegetable wastes for production of vital enzymes and organic acids: Biotechnology and scopes. *Environmental Research* 146, 161-172. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2015.12.035>
- Papargyropoulou E., R. Lozano, J. Steinberger, N. Wright & Z. Bin Ujang. (2014). The food waste hierarchy as a framework for the management of food surplus and food waste. *Journal of Cleaner Production* 76, 106-115. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.04.020>
- Rivera I., M. Robles, J.C. Mateos-Díaz, A. Gutierrez-Ortega & G. Sandoval. (2017). Functional expression, extracellular production, purification, structure modeling and biochemical characterization of *Carica papaya* lipase 1. *Process Biochemistry* 56, 109-116. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2017.02.009>
- Selvakumar P. & P. Sivashanmugam. (2017). Optimization of lipase production from organic solid waste by anaerobic digestion and its application in biodiesel production. *Fuel Processing Technology* 165, 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2017.04.020>
- Silva C.A.D.A., M.P.F. Lacerda, R.S.R. Leite & G.G. Fonseca. (2013). Production of enzymes from *Lichtheimia ramosa* using Brazilian savannah fruit wastes as substrate on solid state bioprocesses. *Electronic Journal of Biotechnology* 16 (5), 9-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.2225/vol16-issue5-fulltext-7>
- Södergård A. & M. Stolt. (2002). Properties of lactic acid-based polymers and their correlation with composition. *Progress in Polymer Science* 27 (6), 1123-1163. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0079-6700\(02\)00012-6](https://doi.org/10.1016/S0079-6700(02)00012-6)

- Taboada-González P.A., Q. Aguilar-Virgen & S. Ojeda-Benitez. (2011). Análisis estadístico de residuos sólidos domésticos en un municipio fronterizo de México. *Avances en Ciencias e Ingeniería* 2 (1), 9-20. URL: <https://www.redalyc.org/pdf/3236/323627681002.pdf>
- Valta K., P. Damala, V. Panaretou, E. Orli, K. Moustakas & M. Loizidou. (2017). Review and assessment of waste and wastewater treatment from fruits and vegetables processing industries in Greece. *Waste and Biomass Valorization* 8 (5), 1629-1648. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9672-4>
- Venkat K. (2011). The climate change and economic impacts of food waste in the United States. *International Journal of Food System Dynamics* 2 (4), 431-446. DOI: <https://doi.org/10.18461/ijfsd.v2i4.247>
- Wang J., M. Gao, Q. Wang, W. Zhang & Y. Shirai. (2016). Pilot-scale open fermentation of food waste to produce lactic acid without inoculums addition. *RSC Advances* 6 (106), 104354-104358. DOI: <https://doi.org/10.1039/C6RA22760K>
- Yáñez R., A.B. Moldes, J.L. Alonso & J.C. Parajó. (2003). Production of D (-)-lactic acid from cellulose by simultaneous saccharification and fermentation using *Lactobacillus coryniformis* subsp. *torquens*. *Biotechnology Letters* 25 (14), 1161-1164. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1024534106483>
- Zilly A., G.C. dos Santos Bazanella, C.V. Helm, C.A.V. Araújo, C.G.M. de Souza, A. Bracht & R.M. Peralta. (2012). Solid-state bioconversion of passion fruit waste by white-rot fungi for production of oxidative and hydrolytic enzymes. *Food Bioprocess Technology* 5 (5), 1573–1580. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11947-011-0532-8>

2024 TECNOCIENCIA CHIHUAHUA.

Esta obra está bajo la Licencia Creative Commons Atribución No Comercial 4.0 Internacional.



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Guía para autores



UACH
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

| Dirección de Investigación y Posgrado

Política editorial

Son bienvenidos manuscritos originales e inéditos de tipo científico y tecnológico, los cuales deberán estar escritos con un lenguaje accesible a lectores con formación profesional o de interés científico en forma lógica y clara. TECNOCENCIA CHIHUAHUA, publica artículos de investigación, notas científicas y artículos de revisión actualizados *por invitación*. Todo manuscrito recibido es revisado en primera instancia por el Comité Editorial para asegurar que cumpla con el formato y contenido establecido por las normas editoriales de TECNOCENCIA CHIHUAHUA. El equipo editorial revisará que el envío cumpla con todos los requisitos de postulación, incluyendo su revisión bajo el software antiplagio iThenticate donde el porcentaje de similitud con otros trabajos deberá ser menor al 10 %. Los artículos serán enviados a revisión y una vez revisado y consideradas las sugerencias y cambios al manuscrito, los editores asociados determinarán su viabilidad para ser publicado; notificándose la aceptación o rechazo al autor. Si el manuscrito es aceptado la revista enviará el manuscrito al proceso de edición, cuyo responsable se contactará con el autor de correspondencia para la revisión y aprobación de las pruebas de galera. Así mismo, se le solicitará un resumen gráfico que describa en forma visual el contenido del artículo, además de cuatro o cinco aspectos relevantes del trabajo a publicar.

Para la evaluación de manuscritos se aplican los criterios de: rigor científico, calidad y precisión de la información, relevancia del tema y la claridad del lenguaje. Los árbitros prestarán especial atención a la originalidad de los escritos, es decir, revisarán que el manuscrito sea producto del trabajo directo del autor o autores y que no haya sido publicado o enviado algo similar a otras revistas. Los artículos de investigaciones deben presentar: un análisis detallado de los resultados originales, así como un desarrollo metodológico riguroso, resaltando los aportes científicos logrados. Las notas científicas o comunicación corta, deberán mostrar resultados novedosos, modificaciones de técnicas o desarrollo de técnicas emergentes innovadoras. Asimismo, los artículos de revisión deberán abordar temáticas novedosas y fundamentar el estado del arte en una revisión de literatura actualizada sobre temas actuales y de interés para el lector.

La revista TECNOCENCIA CHIHUAHUA proporciona un acceso abierto e inmediato a su contenido, con el principio de ofrecer al público un acceso libre a información científica original e inédita y a revisiones críticas actualizadas que favorezcan una mayor difusión global de conocimiento y cumplir así, con la normativa de acceso abierto de DOAJ.

Arbitraje

El proceso de evaluación de manuscritos es el siguiente: Un editor evaluará cada contribución, y podría rechazar trabajos en esta etapa por razones tales como: carecer de originalidad, tener serias deficiencias científicas, un uso inadecuado del lenguaje y de la gramática en general, o que el contenido esté fuera de los alcances de la revista. Los autores deberán proporcionar los datos de contacto completos de cuando menos tres árbitros potenciales adscritos a una institución distinta a la del autor, sin embargo,

la asignación de los árbitros para revisión del manuscrito será una decisión de la revista. La revista opera bajo un sistema de doble ciego y favorecerá la participación de revisores externos a la institución y al país de la revista. Tras el proceso de arbitraje, el editor emitirá un dictamen respecto a la evaluación del trabajo a los autores el cual puede ser: aceptado, aceptado con revisiones menores, aceptado con revisiones mayores o rechazado.

En caso de controversia, el Editor podrá solicitar una evaluación adicional con un tercer árbitro o dictaminar el manuscrito.

Derechos de autor

Una vez aceptado el manuscrito, se solicitará al Autor enviar el formato de cesión de derechos de autor para la difusión del artículo a TECNOCIENCIA CHIHUAHUA. Los autores concederán por escrito a la revista TECNOCIENCIA CHIHUAHUA, la propiedad de los derechos de autor, lo que permite que su artículo y materiales puedan ser reproducidos, publicados, editados, fijados, comunicados y transmitidos públicamente en cualquier forma o medio, así como su distribución en el número de ejemplares que se requieran y su comunicación pública, en cada una de sus modalidades, incluida su puesta a disposición del público a través de medios electrónicos, ópticos o de cualquier otra tecnología, para fines exclusivamente científicos, culturales, de difusión y sin fines de lucro.

Los artículos publicados en TECNOCIENCIA CHIHUAHUA, se distribuirán amparados bajo la [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional](#)

Costo y tiempo de publicación

La Revista TECNOCIENCIA CHIHUAHUA es gratuita y está financiada por la Universidad Autónoma de Chihuahua (UACH). Se solicita a los autores se inscriban a la Revista para estadísticas de acceso y autoría.

El tiempo para la recepción y envío a revisión será en un máximo de tres días. El tiempo promedio para la primera respuesta de los árbitros es de cuatro semanas. El tiempo estimado para la aceptación del artículo es de tres meses y su publicación dependerá de la cantidad de trabajos que estén en espera de publicación.

Contribuciones

1. Tipos de contribuciones

Las contribuciones se clasifican en artículos de investigación, notas científicas, así como artículos de revisión en español e inglés. Se aceptarán para su evaluación artículos de revisión, únicamente con *previa invitación* por parte del comité editorial de TECNOCIENCIA CHIHUAHUA.

No se aceptan contribuciones que se limiten a reportar información general sin fundamento estadístico, encuestas, composición química, u optimización de formulaciones (superficie de respuesta). Debe haber una aportación científica, tecnológica o ingenieril original, inédita y que no esté siendo considerada para su publicación simultánea en otro medio. Una descripción de los envíos se encontrará en el siguiente apartado.

2. Áreas de las contribuciones

Las áreas que abarca la Revista TECNOCIENCIA CHIHUAHUA son las siguientes: Alimentos, Biológica, Salud, Agropecuaria, Cultura Física, Ingeniería y Tecnología, Química y Recursos Naturales. Al someter su contribución se deberá indicar la categoría que le corresponde. De no ser esto posible, es responsabilidad del autor proporcionar el área sugerida de su contribución.

3. Idioma de las contribuciones

El idioma de las contribuciones será inglés o español. Se recomienda que los autores lleven a cabo una cuidadosa revisión del correcto uso del lenguaje para que los revisores puedan evaluar los méritos científicos del trabajo. Los editores podrán rechazar cualquier contribución que no cumpla los estándares.

4. Preparación y envío de las contribuciones

Es indispensable que el autor se registre para postular el manuscrito a la revista. Se recomienda que el autor complete en su totalidad todos los datos solicitados en su perfil incluyendo su identificador [ORCID](#).

¿No está registrado? [Regístrese aquí](#)

¿Ya está registrado? [Ingresa aquí](#)

Los autores, deberán seguir las directrices del sitio web de la revista para el envío de las contribuciones.

Lineamientos generales para envío de manuscritos

[Guía práctica para subir un envío a la plataforma](#)

Las contribuciones deben ir acompañadas de una carta al editor ([Carta de presentación del artículo](#)) en donde explícitamente se describirá la relevancia del trabajo, manifestando que el trabajo no ha sido publicado o está siendo considerado para

publicación en otra parte. Así mismo, se hará de manifiesto que la publicación ha sido aprobada por todos los autores y que el manuscrito una vez aceptado no será publicado de la misma forma en otra revista, en inglés, español, o cualquier otra lengua, ni electrónicamente, sin el consentimiento de la revista. Las secciones que integrarán a cada una de las contribuciones se muestran a continuación:

1) Artículos científicos

Se constituirán de los resultados parciales o finales de investigaciones originales fundamentadas en metodologías científicas. Los artículos de investigaciones deben presentar: un análisis detallado de los resultados, así como un desarrollo metodológico original, resaltando los aportes científicos logrados. Estos artículos se conforman de las siguientes secciones:

- a) Título del artículo
- b) Resumen/Abstract
- c) Introducción
- d) Materiales y métodos
 - Materiales
 - Métodos
 - Métodos fisicoquímicos
 - Métodos biológicos
 - Métodos estadísticos
- e) Resultados y discusión
- f) Conclusiones
- g) Agradecimientos
- h) Conflicto de interés
- i) Referencias

En la descripción de la sección de Materiales y métodos y Resultados y discusión, puede redactarse y presentarse en una sola sección o estructurarse con subtítulos para una mejor descripción. Deberá tener una extensión de 18 cuartillas como máximo, incluyendo Resumen y Referencias

2) Notas científicas

Es una comunicación corta, sobre resultados novedosos, modificaciones de técnicas o desarrollo de técnicas emergentes innovadoras, informes novedosos de investigaciones en el área de agropecuaria, salud, deportes o ingeniería. Para la presentación de este documento, se incluirán las secciones.

- a) Título del artículo
- b) Resumen/Abstract
- c) Texto
- d) Conclusiones
- e) Agradecimientos

- f) Conflicto de interés
- g) Referencias

El texto de las notas científicas, se presentará en forma corrida, pero en forma clara y con coherencia, que permita su fácil comprensión. Deberá tener una extensión máxima de 9 cuartillas, incluyendo Resumen y Referencias

3) Artículos por invitación

Artículos de revisión

Se conformarán, de revisiones críticas actualizadas de un tópico en especial novedoso de las áreas temáticas de la revista. El objetivo de estos artículos, es presentar al lector una perspectiva de un tema en específico, a través de su análisis de la información, discusión y tendencias. La estructura de este artículo se conformará de las secciones:

- a) Título del artículo
- b) Resumen/Abstract
- c) Introducción
- d) Texto
- e) Conclusiones
- f) Agradecimientos
- g) Conflicto de interés
- h) Referencias

El texto deberá ser coherente con el objetivo y podrá redactarse con los subtítulos que sean necesarios, para una mayor comprensión del tema. Deberá tener una extensión máxima de 20 cuartillas, incluyendo Resumen y Referencias.

Plantillas de los artículos

La descripción de las secciones están incluidas en la siguiente sección de esta Guía para Autores, además de en la plantilla para cada tipo de artículo: Artículo de Investigación: [Plantilla de Artículo de Investigación](#); Notas científica: [Plantilla de Notas Científicas](#); Artículo de Revisión: [Plantilla Artículo de Revisión](#). En estas se consideran sus especificaciones, las cuales deben ser acatadas por el autor. Asimismo, en cada una de las plantillas vienen las especificaciones del formato de texto (tamaño y tipo de fuente, márgenes, interlineado, etc.) el cual debe estar a una columna. Todas las páginas deben ser numeradas secuencialmente.

Descripción de los elementos de un artículo

Título

Deberá incluir versiones en español e inglés, ser conciso y explicar la naturaleza del trabajo. Este deberá tener una extensión máxima de 20 palabras. La plantilla incluye la sección de autores, los cuales deberán ser correctamente descritos, incluyendo su afiliación. En caso de existir varios autores, deberá indicarse con un asterisco el autor para la correspondencia, así como la cuenta de correo electrónico del mismo.

Resumen/Abstract

Éste deberá presentarse en español e inglés, respectivamente. Con la extensión máxima de palabras como se muestra en la plantilla. Este debe de incluir en forma clara el objetivo, descripción breve de la metodología, resultados y discusión relevantes conclusiones y aporte del trabajo. En éste se incluirán cinco palabras claves, en español e inglés, que permitan ligar informáticamente el contenido del artículo.

Introducción

La introducción describe el estado actual del conocimiento sobre el tópico de investigación abordado, su justificación e importancia, así como la inclusión de la hipótesis y el objetivo del trabajo. Esta sección no deberá ser mayor a dos cuartillas.

Materiales y métodos

Materiales

En esta sección se describen los materiales o sustancias empleadas para el desarrollo de la investigación. Especificando las características y fuentes de obtención, condiciones de manejo, almacenamiento y grado de pureza de sustancia o reactivos si ese es el caso. Señalando el nombre de compañías, ciudad y país donde los materiales y sustancias fueron adquiridos.

Métodos

Descripción de técnicas y procedimientos, así como el análisis de datos de los resultados obtenidos. En el caso de metodologías novedosas, estas se describirán detalladamente y cuando sean métodos comunes, se indicará la referencia correspondiente.

Ética: Cuando el artículo incluya estudios, experimentos con animales y evaluación sensorial de alimentos se deberá de incluir la sección ética correspondiente, la cual deberá describir los procedimientos seguidos y su apego a las normas, asimismo adjuntar un documento con la aprobación por el comité de bioética que corresponda.

Resultados y discusión

Los resultados y discusión se presentarán en una sola sección. Los resultados podrán presentarse en tablas, figuras, fotografías o datos, los cuales se describirán y se justificarán con base a conocimientos o fundamentos existentes. En esta sección se contrastan los resultados obtenidos con la hipótesis planteada y sus semejanzas o

diferencias con resultados de investigaciones previamente realizadas y publicadas. El empleo de tablas y figuras deberá ser en forma complementaria del texto de la sección.

Conclusión

Es una generalización de los resultados obtenidos y representan las aportaciones concretas del estudio. Incluyen magnitudes relativas o absolutas de las respuestas sin argumentación complementaria. Resaltando los aspectos novedosos e importancia de los resultados obtenidos, especificando mejores condiciones o parámetros finales del estudio. Debe mostrar congruencia con el título, resumen y objetivo del trabajo.

Agradecimientos

Esta sección es opcional y tendrá un máximo de cuatro renglones para expresar agradecimientos a personas o instituciones que hayan contribuido a la realización del trabajo.

Conflicto de Interés

Escribir un párrafo señalando la inexistencia de conflicto de intereses, en la publicación de estos resultados.

Referencias

Las referencias que se incluyan en el texto deberán ser pertinentes, originales y modernas; se citarán acorde al formato sistema Harvard, en el cual se incluye el apellido de los autores y año de la publicación entre paréntesis. En el caso de que sean dos autores irán unidos por “y” (Choi y Garza, 2020). Cuando sean más de dos autores, se citará el apellido del primero seguido por “et al.,” (en cursiva) y el año de publicación (Gu *et al.*, 2019). Si se citan varias referencias, éstas se separarán por punto y coma y en orden cronológico ascendente (Gu *et al.*, 2019; Choi y Garza, 2020). La relación de autores en la sección de referencias será por orden alfabético de acuerdo al formato APA.

IMPORTANTE: Toda vez que la referencia cuente con el registro internacional DOI debe incluirlo utilizando el siguiente formato **<http://doi.org/XXXXXX>**

A continuación, se muestran algunos ejemplos:

Artículos de revistas científicas

Braber, N. V., Vergara, L. D., Rossi, Y. E., Aminahuel, C. A., Mauri, A. N., Cavaglieri, L. R., & Montenegro, M. A. (2020). Effect of microencapsulation in whey protein and water-soluble chitosan derivative on the viability of the probiotic *Kluyveromyces marxianus* VM004 during storage and in simulated gastrointestinal conditions. *LWT*, 118, 108844. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108844>

Capítulos de libros

Ho, Y. C., Chua, S. C., & Chong, F. K. (2020). Coagulation-Flocculation Technology in Water and Wastewater Treatment. In *Handbook of Research on Resource Management for Pollution and Waste Treatment* (pp. 432-457). IGI Global.

Libros

Low, I. M. (Ed.). (2018). *Advances in ceramic matrix composites*. Woodhead Publishing.

Patnaik, A., & Patnaik, S. (Eds.). (2019). *Fibres to Smart Textiles: Advances in Manufacturing, Technologies, and Applications*. CRC Press.

Patentes

Götz, M. R., Holmgren, K., Larsson, N., Fiebich, B., & Wade, W. (2019). *U.S. Patent Application No. 16/478,514*.

Tesis

Rios, E. A. (2018). *Incidencia y control de tipos patógenos de Escherichia coli (STEC y EPEC) en leche de vaca y quesos derivados en Castilla y León* (Tesis doctoral, Universidad de León).

Boletín

Kirk, M. D., Angulo, F. J., Havelaar, A. H., & Black, R. E. (2017). Diarrhoeal disease in children due to contaminated food. *Bulletin of the World Health Organization*, 95(3), 233.

Páginas electrónicas

Inegi. (2017). <https://www.inegi.org.mx/temas/agricultura/>

Base de datos

Wishart, D. S., Feunang, Y. D., Marcu, A., Guo, A. C., Liang, K., Vázquez-Fresno, R., ... & Sayeeda, Z. (2017). HMDB 4.0: the human metabolome database for 2018. *Nucleic acids research*, 46(D1), D608-D617.

Citas la abreviación de la revista TECNOCIENCIA CHIHUAHUA en los índices internacionales es *Rev. TECNOCIENCIA CHIH*.

Tablas, figuras y ecuaciones, las tablas y figuras deben enviarse en un archivo adjunto al manuscrito; de preferencia en un archivo Word. O bien, crear un archivo comprimido (.zip o .rar) que contenga los archivos de tablas y figuras. Adicionalmente, las tablas y figuras del manuscrito, se colocarán dentro del texto principal en el lugar indicado por

los autores, con títulos en español e inglés. El título de la figura debe presentarse como Fig. 1. Título de la figura.

Es recomendable que las figuras se preparen con software específico. Tome en cuenta que el tamaño de las figuras se ajustará en el proceso de edición para ajustarse a los márgenes de impresión. Por ello, se recomienda hacer ejes, cuadros, etc., suficientemente grandes para que resulten legibles aún al reducir el tamaño. Las extensiones aceptables para las figuras son JEPG y TIF, considerando las siguientes características de calidad (en puntos por pulgadas):

- 300 ppp para imágenes a escala de grises o color.
- 600 ppp para combinaciones imagen texto.
- 1,200 ppp para imágenes a línea.

Las tablas deben presentar tres bordes horizontales completos (en la fila de encabezados y al final), cualquier otro borde horizontal debe ser parcial, no deben tener bordes verticales y no se aceptarán en forma de imágenes.

Las ecuaciones deben estar escritas con un editor de ecuaciones y deben aparecer en el manuscrito numeradas con el formato de número arábigo. Las ecuaciones insertadas como imágenes no son aceptables.

En el texto del manuscrito, al referirse a una ecuación debe escribirse de la siguiente manera: Ec. (1) o bien Ecs. (1) -(4), al referirse a una figura, seguir la misma regla, por ejemplo: Fig. 1, o bien Figs. (1) -(5) y al referirse a una tabla, por ejemplo: Tabla 1 o bien Tablas (1) -(3).

Figuras y cuadros (versión para producción)

Las figuras y gráficos deben proporcionarse en el texto principal y numerarse consecutivamente con números arábigos y sus subtítulos respectivos deben incluirse dentro del texto principal en el lugar indicado por los autores.

Cuando se incluyan figuras que contengan fotografías o micrografías, asegurarse que sean de alta resolución para que cada foto tenga al menos 300 ppp para imágenes a escala de grises o color. Todas las fotografías deben contener el nombre del autor.

Tablas (versión para producción)

Las tablas deben proporcionarse en el texto principal y como archivo adjunto, y numerarse con números arábigos. Deben estar incrustados en el texto del manuscrito, en el lugar indicado por el autor. Las tablas deben prepararse con Microsoft Word® 2007 o posterior; no deben importarse de Excel® o Powerpoint®, y deben:

- a) Tener un número y un título (en inglés y en español)
- b) Sea auto-explicable

- c) Tener los dígitos significativos con la desviación estándar definidos de acuerdo con el criterio estadístico
- d) Mostrar datos que no se muestran en los gráficos
- e) Tener el formato más simple posible; no está permitido el uso de sombras, color o filas verticales y diagonales
- f) Solo tienen letras minúsculas en el superíndice que indiquen notas al pie de tabla (abreviaturas, unidades, diferencias estadísticas, etc.). Un ejemplo de tabla se muestra en los formatos de "[Plantillas de artículos](#)"

Abreviaturas, los nombres científicos se escribirán en cursivas, el género de la especie podrá abreviarse después de que se mencione por primera ocasión en el texto. Las unidades de cualquier dato científico o de laboratorio deberán seguir el sistema internacional de medidas y usar las abreviaturas o símbolos recomendados por las normas internacionales. No deberá usarse punto en las abreviaciones Ej.: kg (NO kg.). Se utilizará espacio entre la cantidad y la unidad o símbolo Ej. 8 cm, 100 %. Las notas a pie de página deberán ser evitadas.

Material adicional, si los autores lo desean, pueden proporcionar material adicional o complementario como soporte al artículo (texto, tablas, figuras o multimedia), el cual estará disponible en la página web de la revista una vez que sea publicado. Si el manuscrito ha sido aceptado, también se le solicitará al autor un resumen gráfico y los puntos relevantes del trabajo. El resumen gráfico debe describir en forma general el contenido del artículo, este resumen debe tener las siguientes características: archivo editable en diapositiva de Powerpoint, NO usar datos, tablas o figuras contenidos en el artículo, contener figuras libres de restricciones de derechos de autor, debe incluir un resumen que incluya de dos a tres enunciados donde se describe los antecedentes, como fue realizado el trabajo y los principales resultados. Los puntos relevantes del trabajo, deberán ser cuatro aspectos alcanzados, presentados en forma de enunciado con un máximo de 80 caracteres con espacios.

Los archivos que el autor deberá preparar para el envío serán:

([Formatos](#))

El texto principal del manuscrito debe presentarse de la siguiente manera:

1) El manuscrito en Word para producción

Este archivo, corresponde a las "[Plantillas de artículos](#)" presentadas en esta guía de autores, cuyas características de formato se muestran a continuación.

- Formato Microsoft Word® 2007 (o posterior)
- 10 puntos Palatino Linotype
- Espaciado especificado en la plantilla

- Texto completo del manuscrito (extensión de acuerdo al tipo de manuscrito)
- Las figuras, cuadros, tablas, ecuaciones y sus respectivos títulos deben estar incorporados en el texto principal en el lugar indicado por los autores
- Las páginas deben estar numeradas secuencialmente
- La carta de presentación debe presentarse por separado
- La página principal debe incluir los nombres e instituciones de los autores
- El archivo deberá llamarse “**Apellidos autor producción**”.doc.

2) En el manuscrito en Word para revisión

Este archivo es una copia del **manuscrito en Word para producción** pero se editará **sin** los nombres de los autores e Instituciones para enviar este archivo cegado a revisión con los árbitros.

Este archivo deberá ser nombrado “**Apellidos de autor revisión**”.doc: versión para evaluación del revisor. Las características de formato incluyen las siguientes especificaciones:

- Las líneas del texto al igual que las páginas deben estar numeradas secuencialmente
- **No debe incluir** los nombres e instituciones de los autores ni en la página principal del manuscrito, ni en la información del archivo

3) Carta de presentación de artículo o autoría.

La carta de presentación del manuscrito ([Carta de presentación del artículo](#)) debe incluir la relevancia e importancia del trabajo (un breve texto que describa la relevancia del trabajo de investigación o artículo de revisión de manera concisa (con no más de 100 palabras). Además, incluirá la declaratoria de que el documento presentado no ha sido publicado (parcial o totalmente) ni ha sido sometido a arbitraje simultáneamente en otra revista. Haciendo constar que cuenta con la aprobación para su publicación por los autores y coautores.

4) Los archivos de Tablas y Figuras para producción (especificaciones que se describen en la **sección de Tablas, figuras y ecuaciones** en esta guía)

5) Resumen gráfico (características descritas en la **sección de Material adicional** en esta guía)

Después de verificar el estilo de formato (acorde a la plantilla y especificaciones en esta guía de autores) y crear los archivos de acuerdo a las especificaciones presentadas, continúe con el envío en línea.

¿No está registrado? [Regístrese aquí](#)

¿Ya está registrado? [Ingresa aquí](#)

Una vez registrado en la plataforma de la revista, entrar y dar clic en 'Nuevo envío', después seguir las instrucciones y completar cada una de las 5 pestañas del envío.



UACH
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

Dirección de
Investigación y Posgrado



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA
VISTA AÉREA CAMPUS II.**



TECNOCENCIA CHIHUAHUA
Revista de ciencia y tecnología



UACH
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

Dirección de
Investigación y Posgrado



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE
CHIHUAHUA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIHUAHUA
VISTA AÉREA CAMPUS II.

TECNOCENCIA CHIHUAHUA
Revista de ciencia y tecnología