

editorial
fontamara



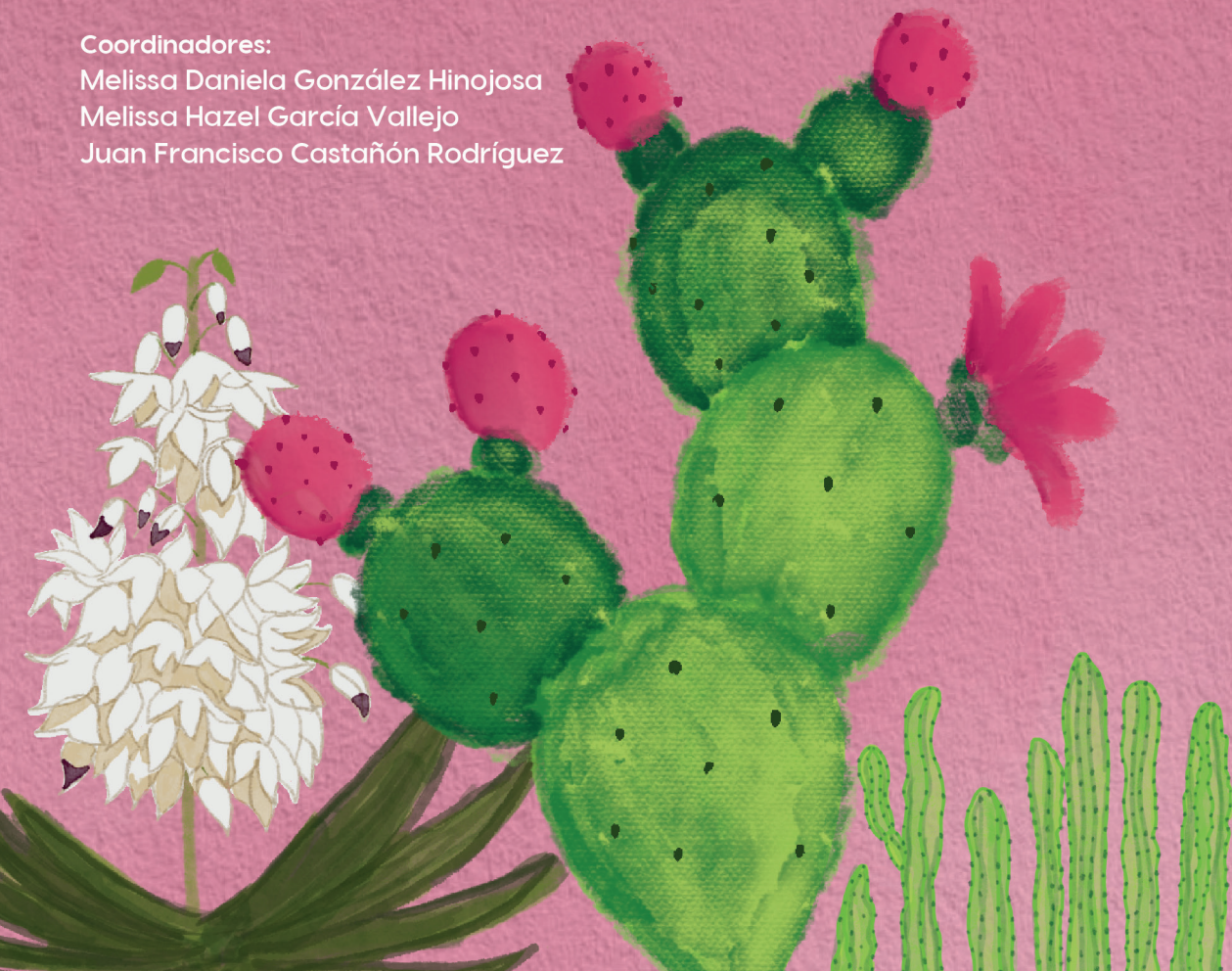
Aprovechamiento nutricional y funcional de **alimentos autóctonos**

Coordinadores:

Melissa Daniela González Hinojosa

Melissa Hazel García Vallejo

Juan Francisco Castañón Rodríguez



Aprovechamiento
nutricional y funcional
de alimentos autóctonos

Aprovechamiento nutricional y funcional de alimentos autóctonos / Melissa Daniela González Hinojosa, Melissa Hazel García Vallejo y Juan Francisco Castañón Rodríguez, coordinadores .—Cd. Victoria, Tamaulipas : Universidad Autónoma de Tamaulipas ; Ciudad de México : Editorial Fontamara, 2025. 96 págs. ; 17 x 23 cm.

1. Alimentos

LC: QK495.B6 A6.7 2025

DEWEY: 641.3 WBX

Universidad Autónoma de Tamaulipas
Matamoros SN, Zona Centro
Ciudad Victoria, Tamaulipas C.P. 87000
D. R. © 2025

Consejo de Publicaciones UAT
Centro Universitario Victoria
Centro de Gestión del Conocimiento. Segundo Piso
Ciudad Victoria, Tamaulipas, México. C.P. 87149
Tel. (52) 834 3181-800 • extensión: 2905
cpublicaciones@uat.edu.mx • www.uat.edu.mx • https://libros.uat.edu.mx/

Libro aprobado por el Consejo de Publicaciones UAT
ISBN UAT: 978-607-8888-74-0

Editorial Fontamara, S.A. de C.V.
Av. Hidalgo No. 47-B, Colonia Del Carmen
Alcaldía de Coyoacán, 04100, CDMX, México
Tels. 555659-7117 y 555659-7978
contacto@fontamara.com.mx • coedicion@fontamara.com.mx • www.fontamara.com.mx
ISBN Fontamara: 978-607-736-978-3

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra incluido el diseño tipográfico y de portada, sea cual fuera el medio, electrónico o mecánico, sin el consentimiento del Consejo de Publicaciones UAT.
Libro digital

Esta obra y sus capítulos fueron sometidos a una revisión de pares a doble ciego, la cual fue realizada por especialistas pertenecientes al Sistema Nacional de Investigadoras e Investigadores. Asimismo, fueron aprobados para su publicación por el Consejo de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y el Comité Interno de la editorial Fontamara.



Aprovechamiento nutricional y funcional de alimentos autóctonos

Coordinadores:

Melissa Daniela González Hinojosa
Melissa Hazel García Vallejo
Juan Francisco Castañón Rodríguez





MVZ MC Dámaso Leonardo Anaya Alvarado
PRESIDENTE

Dr. Fernando Leal Ríos
VICEPRESIDENTE

Dra. Dora María Lladó Lárraga
SECRETARIA TÉCNICA

Mtro. Eduardo García Fuentes
VOCAL

Dra. Rosa Issel Acosta González
VOCAL

CP Jesús Francisco Castillo Cedillo
VOCAL

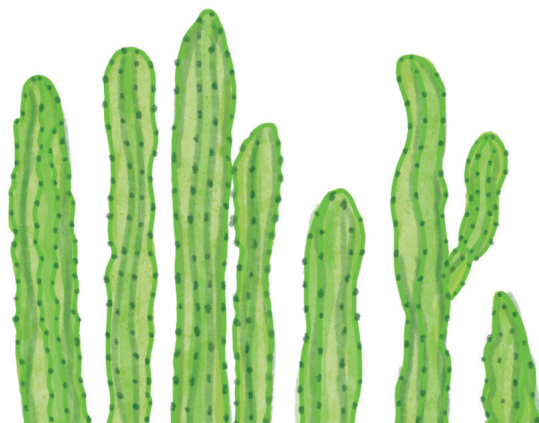
MVZ Rogelio de Jesús Ramírez Flores
VOCAL

Comité Editorial del Consejo de Publicaciones de la Universidad Autónoma de Tamaulipas

Dra. Lourdes Arizpe Slogher • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Amalio Blanco** • Universidad Autónoma de Madrid, España | **Dra. Rosalba Casas Guerrero** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Francisco Díaz Bretones** • Universidad de Granada, España | **Dr. Rolando Díaz Lowing** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Manuel Fernández Ríos** • Universidad Autónoma de Madrid, España | **Dr. Manuel Fernández Navarro** • Universidad Autónoma Metropolitana, México | **Dra. Juana Juárez Romero** • Universidad Autónoma Metropolitana, México | **Dr. Manuel Marín Sánchez** • Universidad de Sevilla, España | **Dr. Cervando Martínez** • University of Texas at San Antonio, E.U.A. | **Dr. Darío Páez** • Universidad del País Vasco, España | **Dra. María Cristina Puga Espinosa** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. Luis Arturo Rivas Tovar** • Instituto Politécnico Nacional, México | **Dr. Aroldo Rodríguez** • University of California at Fresno, E.U.A. | **Dr. José Manuel Valenzuela Arce** • Colegio de la Frontera Norte, México | **Dra. Margarita Velázquez Gutiérrez** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dr. José Manuel Sabucedo Cameselle** • Universidad de Santiago de Compostela, España | **Dr. Alessandro Soares da Silva** • Universidad de São Paulo, Brasil | **Dr. Akexandre Dorna** • Universidad de CAEN, Francia | **Dr. Ismael Vidales Delgado** • Universidad Regiomontana, México | **Dr. José Francisco Zúñiga García** • Universidad de Granada, España | **Dr. Bernardo Jiménez** • Universidad de Guadalajara, México | **Dr. Juan Enrique Marciano Medina** • Universidad de Puerto Rico-Humacao | **Dra. Ursula Oswald** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Arq. Carlos Mario Yori** • Universidad Nacional de Colombia | **Arq. Walter Debenedetti** • Universidad de Patrimonio, Colonia, Uruguay | **Dr. Andrés Piqueras** • Universitat Jaume I, Valencia, España | **Dra. Yolanda Troyano Rodríguez** • Universidad de Sevilla, España | **Dra. María Lucero Guzmán Jiménez** • Universidad Nacional Autónoma de México | **Dra. Patricia González Aldea** • Universidad Carlos III de Madrid, España | **Dr. Marcelo Urra** • Revista Latinoamericana de Psicología Social | **Dr. Rubén Ardila** • Universidad Nacional de Colombia | **Dr. Jorge Gissi** • Pontificia Universidad Católica de Chile | **Dr. Julio F. Villegas †** • Universidad Diego Portales, Chile | **Ángel Bonifaz Ezeta †** • Universidad Nacional Autónoma de México

Índice

Prólogo	9
Juan Francisco Castañón Rodríguez	
Capítulo I. Tuna (<i>Opuntia ficus-Indica</i>)	10
Claudia Guadalupe Sánchez Treto, José Alberto Ramírez de León y Melissa Daniela González Hinojosa	
Capítulo II. Huitlacoche (<i>Ustilago maydis</i>)	25
Perla Lizeth Hernández Mejía, José Alberto Ramírez de León y Melissa Hazel García Vallejo	
Capítulo III. Jacobes (<i>Acanthocereus tetragonus</i>)	45
Ana Lucía Segura Fuentes	
Capítulo IV. Nopal (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	56
Cristian Edwin Cervantes Hernández, Héctor Abraham Hernández Olvera y Juan Francisco Castañón Rodríguez	
Capítulo V. Planta y flor de yucca (<i>Yucca elephantipes</i>)	73
Rocío Margarita Uresti Marín, José Alberto Ramírez de León, Frida Carmina Caballero Rico y Arturo Mora Olivo	



Prólogo

Actualmente, la población ha empezado a comprender la importancia de llevar una dieta sana y utilizar alimentos regionales sin procesamiento. Estos últimos aportan nutrientes como carbohidratos, lípidos, proteínas, componentes químicos orgánicos e inorgánicos con diferentes funciones y efectos benéficos en la salud física y mental (Cruzado y Cedrón, 2012). Aunado a esta concienciación, las tendencias mundiales en materia de alimentación y nutrición indican que los consumidores no solo eligen los alimentos por su valor nutritivo para satisfacer el hambre, sino por beneficios adicionales que les permitan mayor bienestar y salud. Los hábitos nutricionales han evolucionado y ahora dirigen su atención a la búsqueda de nuevos productos alimenticios con mejores propiedades funcionales para un estado óptimo de salud biopsicosocial. Los alimentos tradicionales o autóctonos pueden tener aplicaciones potenciales en las industrias alimentarias, farmacéuticas, químicas y agropecuarias. Por ejemplo, el nopal es un alimento cultivable con múltiples propiedades (Torres et al., 2015).

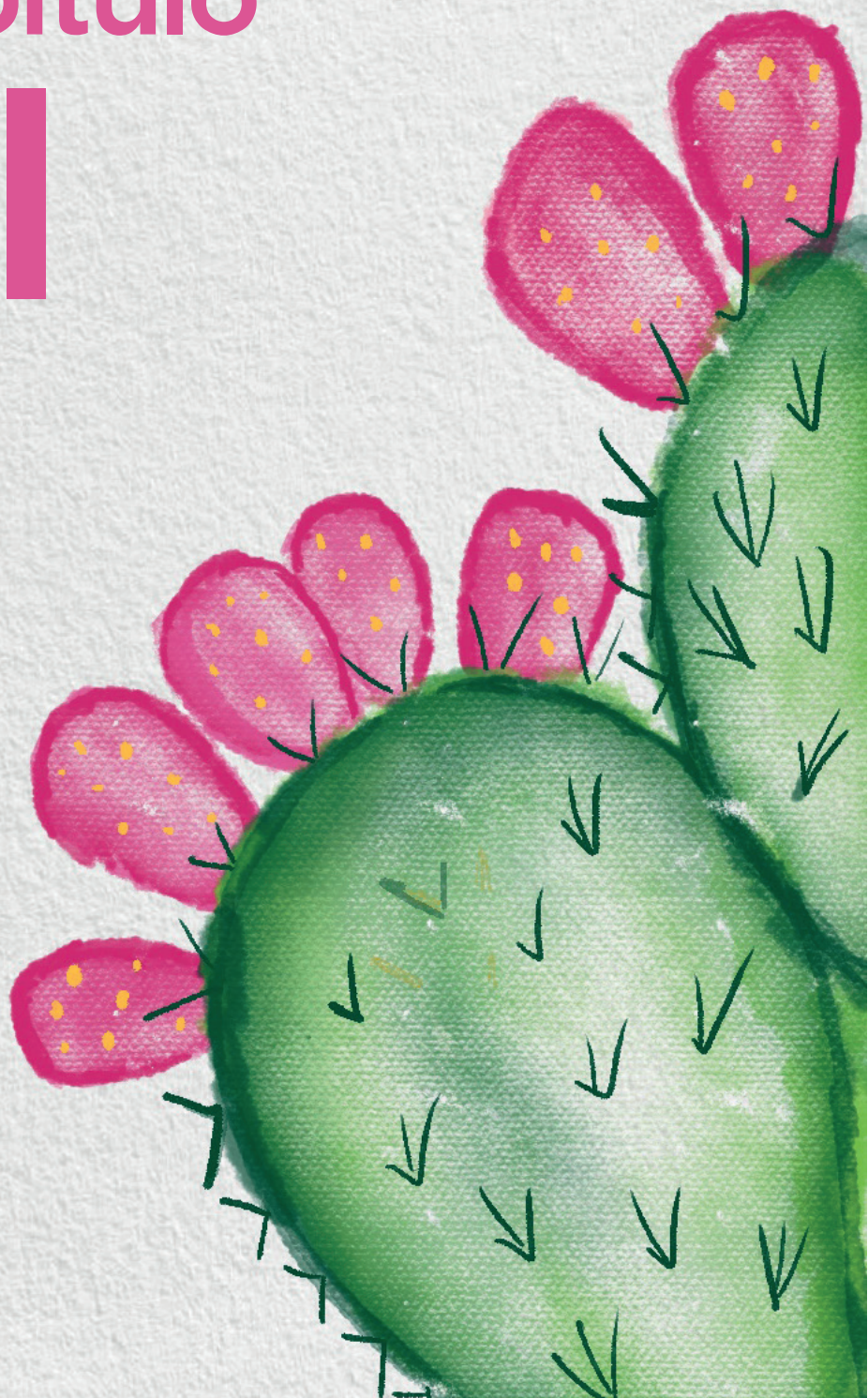
El presente libro consiste en una investigación documental realizada por medio del trabajo colaborativo de varios profesores-investigadores. Se muestra información relevante en cuanto a la descripción del alimento, su taxonomía, características morfológicas, importancia socioeconómica y comercialización, composición química, propiedades nutritivas, funcionales, aplicaciones y productos que se pueden elaborar con cada uno de ellos, además de las perspectivas y tendencias en el desarrollo de nuevos productos. Los alimentos que forman parte de la cultura alimentaria de la población mexicana, en específico de Tamaulipas, son la tuna, el huitlacoche, jacubes, nopal y la flor de yucca.

El libro orientará a la población sobre los beneficios que conlleva la introducción de estos alimentos en la dieta, resaltando sus componentes nutritivos y funcionales que a largo plazo conllevan beneficios en la salud.

Juan Francisco Castañón Rodríguez

Capítulo

I



Tuna

(*Opuntia ficus-Indica*)

Claudia Guadalupe Sánchez Treto¹

José Alberto Ramírez de León¹

Melissa Daniela González Hinojosa¹

Introducción

La tuna es el fruto de las diversas especies del nopal tunero que se caracteriza por una amplia gama de colores, formas, sabores y proporciones (*El Poder del Consumidor*, 2015), pertenece a la familia de las cactáceas, posee una cáscara gruesa con abundantes espinas y su pulpa tiene gran cantidad de semillas. Este alimento es de gran aporte nutricional, porque tiene altas concentraciones de minerales, vitaminas y proteínas, así como agua representada por su jugosidad; además, es un alimento funcional con diversos beneficios saludables. Asimismo, se distingue por el efecto positivo en la digestión derivado de la concentración de la fibra en las simientes (FIRCO, 2017).

La tuna se ha empleado como un método natural para atender enfermedades digestivas, respiratorias, colesterolemias y diabetes -cabe destacar que este alimento es excelente para el control glicémico- (FIRCO, 2017). El consumo de productos del campo, como la tuna, provee compuestos bioactivos que son de ayuda en los procesos terapéuticos de las enfermedades crónicas no transmisibles.

Se cree que esta planta es conocida desde hace 12 000 años porque los nativos americanos de origen mexicano la utilizaban como tratamiento para heridas y dolores múltiples, usos que siguen vigentes. La tuna suele ser consumida de manera fresca. Cuando el fruto madura se emplea en la industria alimentaria para la fabricación de jugos, jaleas, almíbares, quesos y licores; además, es utilizada en la industria farmacológica y cosmética por los beneficios que tiene en la piel (FIRCO, 2017). En México se consume alrededor del 98 % de la producción nacional y la variante más consumida es la *Reina*, caracterizada por tener una pulpa blanca o verde clara; dentro de las variantes se pueden encontrar tunas amarillas, naranjas, púrpuras y rojas (*El Poder del Consumidor*, 2015).

¹ Unidad Académica de Trabajo Social y Ciencias para el Desarrollo Humano, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Victoria S/N C.P. 87149, Ciudad Victoria, Tamaulipas.

1.1. Descripción general de la tuna

El origen de las cactáceas es la zona tropical de América, presenta un gran número de endemismos, y este tipo de planta es relativamente reciente. Hasta la fecha se han descrito 125 tipos y 2 000 variantes, en México existen 100 tipos de especies de *Opuntia*. Las zonas donde existen mayor variación son las semiáridas (Taguchi, 2018). Estas plantas se caracterizan por ser suculentas, arbustivas, espinosas, con tronco definido, la base consta de ramas rígidas y extendidas; tienen artículos que se distinguen por ser globosos, claviformes, cilíndricos y carnosos; el limbo de las hojas es pequeño, cilíndrico, carnoso y caduca rápidamente; cuenta con aréolas axilares que son espinosas y tienen pelos, glóquidas y glándulas, también tienen espinas únicas o agrupadas, descubiertas o en vainas papiráceas; por lo general, las de la parte de arriba de los artículos son las que producen las flores, estas son con frecuencia hermafroditas y tienen un ovario ínfero con una hendidura y diversos óvulos. Inclusive, están constituidas por numerosos estambres cortos con relación a los pétalos. El fruto es seco, espinoso, globoso, jugoso, ovoide, elíptico y se da en baya. En la casta de las cactáceas la *Opuntia* se clasifica en dos grupos: *Cilindropuntia* y *Platyopuntia* (Taguchi, 2018).

A nivel territorial, la tuna se da en áreas silvestres y únicamente el 6.62 % son obtenidas del cultivo, siendo predominante la cosecha de las amarillas (96.64 %), posterior las moradas y por último las blancas (1.45 %) (FIRCO, 2017). Es importante referir que, dentro de las variantes relacionadas al color, también se pueden encontrar las tres principales: rojas, verdes y amarillas (Jorge et al., 2016).

1.2. Taxonomía

Existen aproximadamente trescientas variantes de la *Opuntia*, nombre proveniente de la antigua Grecia de la región de Leocrid, sitio en el cual por primera vez se observó una planta semejante a la *Opuntia* de América que se clasifica en once subgéneros: *Austrocylindropuntia*, *Brasilopuntia*, *Corynopuntia*, *Cilindropuntia*, *Consolea*, *Grusonia*, *Marenopuntia*, *Nopalea*, *Opuntia*, *Stenopuntia* y *Tephrocactus* (Condori, 2017).

A nivel taxonómico, existen múltiples razones que hacen compleja la taxonomía, una de ellas es porque con base en las condiciones ecológicas y a la poliploidía los fenotipos varían ampliamente. Aunado a lo anterior, está la alta reproducción vegetativa y sexual de las diferentes poblaciones. De igual manera, existe un gran número de híbridos interespecíficos (Condori, 2017); en términos de floración, la gran mayoría de las especies lo hacen en periodos similares del año, por tanto, las barreras biológicas que pudieran apartarles son nulas, no obstante, se pueden clasificar de acuerdo con la Tabla 1.

Tabla 1. Taxonomía de la tuna

Clasificación taxonómica	Descriptor
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Cactaceae
Tribu	Opuntiae
Género	<i>Opuntia</i>
Especie	<i>Opuntia ficus-indica</i>

Fuente: adaptada de Condori (2017).

1.2.1. Características morfológicas

1.2.1.1. Raíz

La raíz se caracteriza por ser abundante en términos de ramificación, llega a tener una profundidad de 70 cm, es ampliamente extensa -varios metros horizontalmente-, y es rica en raíces finas que son absorbentes (Mateus, 2018).

1.2.1.2. Tallo

Es propio de esta especie que exista unión entre el tallo y las ramas, además, se constituyen paletas con cojines ovoides y aplanados, en conjunto alcanzan una altura de 5 metros, y de diámetro 4 metros; las variedades de ciertas regiones logran una altura proximal a los 1.5 metros. El tallo de la tuna se constituye por tronco y ramas aplanadas de cutícula espesa verdosa que posee funciones fotosintéticas y de acumulación de agua a nivel de tejidos, lo cual marca la diferencia con otras especies de cactáceas. Para evitar la deshidratación, la cutícula es interrumpida porque permanece cerrada durante día y los tallos toman consistencia amaderada hasta llegar a ser leñosos y agrietados, de color ocre a gris, esto originado por el paso del tiempo (Martínez, 2018).

1.2.1.3. Hojas

Las hojas de la *Opuntia ficus-indica* son pequeñas, miden aproximadamente 10 mm, son de forma cilíndrica, herbáceas y en las axilas se encuentran las areolas de donde emergen las espinas; cuando la penca alcanza cierto punto de desarrollo las hojas desaparecen, es decir, en un par de días, para dar lugar a las espinas (Martínez, 2018).

1.2.1.4. Flores

Se distinguen por ser bisexuales, solitarias y sin movimiento, la longitud se da entre los seis a siete centímetros; de manera preferente se desarrollan en la parte más alejada del margen superior de las paletas, constan de numerosos estambres que suelen ser más pequeños en comparación con los pétalos y pistilo y un ovario ínfero. La colorimetría de los pétalos suele ser llamativa, va desde un amarillo intenso hasta el blanco, los sépalos presentan colores como el amarillo claro, rojo o blanco. La antesis es diurna y en cada paleta tiende a contener hasta veinticinco flores que se abren entre los 33 y 45 días desde que brotan y posterior a los seis meses aparecen (Martínez, 2018).

1.2.1.5. Fruto

Se trata de una fruta caracterizada por tener su ovario debajo, con una sola cámara y consistencia carnosa. Su piel es la envoltura de dicho ovario, y la parte comestible está relacionada con la cámara desarrollada. Respecto a su forma y tamaño, puede variar, desde ovalada hasta redonda, pasando por elíptica u oblonga, con extremos que pueden ser planos, cóncavos o convexos. En términos generales, su longitud oscila entre los 7 y 9 centímetros, con un diámetro de 5 a 6 centímetros, y su peso va desde los 8 hasta los 14 gramos. Existen frutos con cáscara de color verde, amarillo, púrpura, rojo, anaranjado y pulpas de colores similares que corresponden a las variedades, como la tuna blanca, amarilla, morada y roja. Los frutos presentan una piel que recuerda a la de las paletas, con numerosas áreas y espinas. El grosor de la cáscara puede cambiar, así como la cantidad de pulpa, que difiere entre las distintas variedades de la fruta. La pulpa contiene semillas de 4 a 4.5 milímetros de largo, y en algunas ocasiones, los frutos contienen semillas que no se desarrollan completamente, lo que aumenta la cantidad de pulpa comestible (Martínez, 2018).

1.3. Importancia socioeconómica de la tuna y comercialización

México es el mayor productor a nivel mundial, además de ser de los principales países que la exportan. Hay unos 20 mil agricultores que se dedican al cultivo de la tuna, cubriendo 48 mil hectáreas de terreno y obteniendo 352 mil toneladas de fruta cada año. La mayor parte de esta producción proviene de los estados de Zacatecas, Puebla, Hidalgo y Estado de México (FIRCO, 2017).

La tuna es el fruto que se obtiene de la planta de nopal. México tiene un gran potencial para expandir las plantaciones de nopal tunero, gracias a su diversidad climática que favorece el crecimiento de este cultivo (Figura 1). Esta fruta está ganando relevancia a nivel mundial, especialmente en los mercados europeos,

donde países como Italia, Sudáfrica, Chile e Israel son productores destacados (Ramírez et al., 2015). En los últimos seis años, la cantidad de frutos exportados aumentó un 140 %, pasando de 7.1 mil toneladas en 2012 a 17.1 mil toneladas en 2017, el principal comprador de este producto es Estados Unidos. Durante el periodo antes referido, se exportaron 17 mil toneladas, generando ingresos al país por un total de 8.9 millones de dólares (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2018).

El consumo de tuna fresca en México tiene una arraigada tradición y es altamente preferido. En los últimos años, ha experimentado un notable aumento en el consumo per cápita. Actualmente, el promedio anual es de 3.5 kg por persona. Sin embargo, se considera bajo al contrastarlo con el de naranjas (37.6 kg) y plátanos (20.7 kg). El consumo de tuna tiende a decrecer en función de los niveles socioeconómicos, ya que aquellos con mayores ingresos tienden a preferir frutas más comunes o percibidas como más nutritivas. Por lo tanto, el consumo de tuna es más frecuente en la población de bajos ingresos, debido a su atractivo sensorial y su costo accesible. Una baja concentración de consumidores con mayores recursos considera sus propiedades nutricionales y funcionales (Taguchi et al., 2018).



Figura 1. Fruto de la tuna

Fuente: autoría propia.

1.4. Composición química

En la sabiduría popular, se ha empleado el género *Opuntia* en la alimentación y en la fabricación de medicamentos debido a su riqueza en antioxidantes como polifenoles, betalainas y vitamina C. Además, es una fuente natural de minerales como potasio, calcio, sodio, hierro, magnesio, manganeso y zinc; así como de ácidos orgánicos como el málico y el oxálico. Contiene una variedad de aminoácidos como alanina, arginina, asparagina, ácido glutámico, glutamina, histidina, metionina, prolina, serina y valina, así como azúcares. Las concentraciones de la composición química de minerales y antioxidantes se encuentran en la Tabla 2. Todos estos elementos químicos proporcionan un valor adicional a los frutos de *Opuntia* desde el punto de vista de su valor nutricional (Jorge et al., 2016).

La tuna tiene una composición química que consiste principalmente de agua (85 %), hidratos de carbono (14 %) y proteínas (1 %). Existen compuestos bioactivos que se encuentran en la pulpa y estos se concentran en su mayoría en vitaminas C y E, y polifenoles; también presencia de aminoácidos como prolina y glutamina, así como grandes cantidades de taurina cuando a la fruta se le retira la cáscara. La fibra insoluble proviene de las semillas en gran cantidad (Jorge et al., 2016).

1.5. Propiedades terapéuticas y nutritivas de la tuna

La tuna, como la mayoría de las plantas, posee propiedades terapéuticas comprobadas científicamente, las cuales son usadas para contrarrestar diferentes enfermedades. A continuación, se describen algunas de las propiedades de este fruto del nopal propuestas por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA, 2017):

Efecto antioxidante: la generación de radicales libres conduce al envejecimiento prematuro del cuerpo humano. La propiedad terapéutica de la tuna ante esta condición se centra en inhibir este proceso a través del mucílago obtenido de las pencas.

Efecto analgésico y antiinflamatorio: el objetivo del empleo terapéutico del mucílago es abordar condiciones como la artritis, reducir la inflamación en la próstata y el hígado, y promover la regeneración de los tejidos hepáticos, se centra en el efecto que produce, el cual se compara con el del ácido acetilsalicílico.

Efecto depurativo y diurético: el mucílago se emplea para limpiar los filtros renales, aunado a esto promueve la eliminación de toxinas; un ejemplo es la excreción del ácido úrico.

Efecto insulínico y colesterolémico: las sustancias como las saponinas y el mucílago presentes en las hojas de la tuna facilitan que el cuerpo sea más receptivo a la insulina, lo que ayuda a estabilizar y regular los niveles de glucosa en la sangre.

Consumir estos elementos antes de cada comida durante un lapso de 10 días puede ayudar a reducir o eliminar el exceso de colesterol y triglicéridos, lo que a su vez previene la acumulación en las venas y arterias.

Efecto gastrointestinal: la investigación científica indica que ingerir la penca de forma regular en ayunas puede ser efectivo para tratar la gastritis, debido a que la alta cantidad de fibra que contiene beneficia la digestión y ayuda a mantener saludable el microbioma intestinal.

En cuanto al *efecto cicatrizante*, aplicar el mucílago obtenido de la cactácea o tuna directamente sobre la piel tiene efectos regenerativos en las células cutáneas, lo que favorece la cicatrización de heridas.

De acuerdo con Taguchi et al. (2018), la tuna es rica en glucosa y fructosa, que se encuentran en forma de azúcares libres y son absorbidas directamente por el cuerpo. La fructosa ayuda a realzar el sabor, otorgándole una mayor dulzura; tiene un contenido elevado de sodio y potasio, lo que la convierte en una opción ideal para quienes padecen enfermedades renales e hipertensión. También proporciona calcio y fósforo, lo que la hace recomendable para personas que sufren de descalcificación ósea y enfermedades asociadas. La siguiente tabla muestra la composición nutricional de la pulpa de la tuna:

Tabla 2. Composición nutricional de la pulpa de la tuna

Componente	Contenido por 100 gramos
Calorías	31
Humedad	90.60 %
Carbohidratos	8 g
Ceniza	0.4 g
Fibra	0.5 g
Proteína	0.5 g
Calcio	22 mg
Fósforo	7 mg
Hierro	0.3 mg
Niacina	0.3 mg
Rivoflavina	0.02 mg
Tiamina	0.01 mg
Vitamina C	30 mg

Fuente: adaptación de Paucara (2017).

1.6. Aplicaciones de la tuna como alimento

Existen múltiples alternativas para consumir productos a base de tuna, los cuales buscan emplear los mejores métodos de conservación para prolongar su vida útil y mantener su calidad organoléptica y sensorial. Esto ayudará a obtener los nutrientes y propiedades que benefician a la salud. Cuando los productos derivados de la tuna cuentan con un alto valor nutricional, ofrecen un excelente sabor y se presentan en diferentes opciones para su consumo.

La tuna se utiliza como alimento fresco para consumo directo, y cuando está madura se procesa industrialmente para hacer jugos, mermeladas, frutas en almíbar, licores, entre otros productos. Los frutos verdes, de alrededor de dos meses de edad, se emplean para elaborar fruta abrillantada en almíbar (FIRCO, 2017).

1.6.1. Jugo

La tuna se debe lavar, desinfectar, secar y pelar; luego se tritura en un multiprocesador de alimentos de baja velocidad; las semillas se separan utilizando tela de manta para quesería, y el jugo es utilizado de manera inmediata para el análisis fisicoquímico. Este análisis incluye la medición del pH, los sólidos solubles totales y la acidez titulable, así como de las enzimas pectinesterasa y polifenoloxidasas. Además, se determinan sus propiedades antioxidantes, desde la perspectiva de su capacidad antioxidante y su contenido de compuestos fenólicos (Ochoa et al., 2012).

El proceso inicia con el retiro de la cáscara y las semillas utilizando una despulpadora, para que posteriormente se obtenga el jugo grueso, al que mediante un proceso mecánico se le separan los sólidos, dando como resultado un jugo que puede ser consumido de esta forma o clarificado (Corrales, 2011). Elaborar jugos con tunas ha tenido un interés creciente por el empleo de pigmentos naturales con propiedades benéficas para la salud (Nazareno et al., 2011).

1.6.2. Mermeladas

La mermelada de tuna es un concentrado de pulpa o jugo con adición de pectina, ácido cítrico, azúcar y conservadores. Sin embargo, existe un problema: su sabor y color no hacen referencia al agradable sabor, aroma y color de la tuna; por otra parte, la mermelada es el producto de nopal que se produce en un mayor número de países. En México se elabora como mermelada, melcocha o jalea (Pérez et al., 2016).

1.6.3. Vino

En términos de comercialización, el producto derivado de la fermentación de la tuna se elabora en Perú, Chile y otros países. En México se produce en condiciones de laboratorio o a nivel casero; sin embargo, la pectina de la cáscara de tuna suele ser un inconveniente persistente, porque el resultado durante el proceso de fermentación induce a la formación de metanol en el producto final, siendo esto indeseable, además, la pectina no debería ser utilizado en la elaboración de vino ni aguardiente. Por tanto, no es recomendable la elaboración de vino de tuna ni su consumo, por las implicaciones negativas que pudieran afectar en la salud (Pérez et al., 2016).

1.6.4. Aguardiente de tuna

Los aguardientes de tuna se producen en México y Dinamarca. Existe el potencial necesario para ampliar su mercado ante el creciente gusto por estas bebidas. El aguardiente es producto de la destilación del vino de tuna, para ampliar su producción se requerirían estudios a nivel industrial, con la finalidad de estandarizar el proceso de obtención (Pérez et al., 2016).

1.6.5. Queso de tuna

Este producto es una gran alternativa de consumo y de aprovechamiento de la materia prima de la tuna, puesto que solo se da por temporadas. Además del impacto económico, y de la rentabilidad con su comercialización y venta, es conocido por ser un gel semisólido de textura firme, disponible en trozos de varios tamaños. Generalmente, se conserva a temperatura ambiente durante un máximo de dos años sin experimentar cambios significativos, y se clasifica como un alimento de humedad intermedia. Se comercializa comúnmente al por mayor, ya sea solo o en combinación con cacahuets, nueces, piñones o pasas; suele presentarse envuelto en papel de estaño y celofán (Corrales, 2011).

1.6.6. Consumo en fresco

En México, solo una pequeña parte de la tuna comercializada se vende fresca (Figura 2). Sin embargo, esta fruta suele ser de baja calidad porque el proceso de comercialización es improvisado, empírico y heterogéneo. La tuna fresca que se comercializa debe mantener un buen aspecto durante un tiempo considerable, ser de alta calidad, visiblemente consistente dentro del empaque, estar libre de defectos y garantizar la inocuidad (Corrales, 2011).



Figura 2. Tuna fresca

Fuente: autoría propia.

1.6.7. Helado

Una forma de elaborar helado de tuna es utilizando el mucílago de la cáscara y la hoja. En términos de aceptación, varios estudios han reportado una aceptación de la textura del 78 %, un 95 % en sabor y un 92 % en aceptabilidad general. Los análisis nutricionales indican que contiene 22.8 % de azúcares totales y 14.6 mg de colesterol por cada 100 g. En otro análisis se encontró un contenido de 25.19 % de azúcares totales y 18.34 mg de colesterol por cada 100 g, por lo que tiene un alto contenido de azúcares y colesterol (Vega, 2019).

1.6.8. Aceite

Las semillas representan aproximadamente del 5 al 10 % del volumen total del fruto. El aceite extraído de las semillas del nopal es comparable en calidad a los aceites comestibles de soya y cártamo, ya que contiene ácidos grasos esenciales para el cuerpo humano con propiedades antioxidantes. En su composición, los ácidos grasos insaturados constituyen el 13.70 %, mientras que los poliinsaturados representan el 49.80 % (Medina, 2018).

1.7. La tuna como alimento funcional

La tuna posee altas cantidades de sustancias bioactivas como la vitamina C y E, pigmentos, polifenoles y taurina. Debido a estas características, se considera un alimento funcional con compuestos que promueven la salud cuando se consume (Jorge et al., 2016). La tuna exhibe una relevante actividad antioxidante frente al estrés oxidativo presente en el cuerpo humano. Cuando los sistemas antioxidantes, tanto enzimáticos como no enzimáticos, no son suficientes para contrarrestar la acción perjudicial de los radicales libres, estos últimos son generados internamente por el organismo, potenciando su daño mediante factores externos como la exposición a contaminantes ambientales, fármacos y la dieta (Jorge et al., 2016).

Los radicales libres tienen la tendencia a reaccionar con proteínas, carbohidratos, lípidos y ácidos nucleicos, lo que se relaciona con diversas enfermedades crónicas no transmisibles; el consumo de frutas con capacidad antioxidante se emplea con el propósito de prevenir dichas enfermedades, ya que los antioxidantes tienen la capacidad de neutralizar los radicales libres y así disminuir su efecto negativo en la salud (Jorge et al., 2016).

Los alimentos funcionales se caracterizan por tener propiedades nutricionales específicas que promueven la salud. La tuna se clasifica como uno de ellos, debido a sus múltiples propiedades beneficiosas para la salud; por ejemplo, su alta concentración de antioxidantes ayuda a reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, mientras que su contenido en fibra contribuye a prevenir enfermedades gastrointestinales, como el estreñimiento. Además, su riqueza en vitaminas y minerales proporciona numerosos beneficios para la salud (Ouerghemmi et al., 2017).

La tuna contiene diversos compuestos, como polifenoles, flavonoides y betalaínas, que poseen propiedades antioxidantes. La presencia de vitamina C en la tuna también ayuda a prevenir la oxidación celular y reduce el riesgo de enfermedades como el cáncer, la diabetes, los problemas cardiovasculares y las enfermedades degenerativas. Existen estudios que han demostrado que la variedad de tuna roja exhibe una alta actividad antioxidante debido a su elevada concentración de polifenoles, betalaínas y vitamina C. Las tunas moradas o rojas tienen una mayor capacidad antioxidante en comparación con las variedades amarillas y verdes (Ouerghemmi et al., 2017).

1.8. Perspectivas y tendencias en el desarrollo de nuevos productos derivados de la tuna

Para incorporar nuevos productos para la alimentación humana, se han aprovechado los residuos de frutos como la tuna. Esta práctica surge en respuesta a la creciente demanda y tendencia global de implementar tecnologías limpias que reutilicen cáscaras, semillas, entre otros residuos de los frutos. A continuación se describen tres productos basados en la tuna:

Harina: la deshidratación y molienda de la cáscara de tuna produce un subproducto que puede ser una valiosa opción para su comercialización y uso. Es rico en fibra cruda y proteína, además de ser una excelente fuente de nutrientes con propiedades funcionales como la emulsificación y la retención de agua y grasa. Es ideal como aditivo en una variedad de productos alimenticios. Este subproducto de cáscara de tuna puede ser añadido a productos cárnicos, postres y productos de panificación para mejorar su calidad nutricional. Su capacidad para mejorar la textura, humedad y estabilidad lo convierte en una opción atractiva para los

fabricantes de alimentos que deseen enriquecer sus productos con nutrientes adicionales y mejorar su perfil nutricional (Camacho-Guerrero et al., 2016).

Cápsulas: los polvos encapsulados combinan los beneficios funcionales de la tuna con los del agente encapsulante. En este caso, el contenido de las cápsulas promueve la salud y se emplea como suplemento dietético debido a su rico aporte de fibra (Ruiz, 2014).

Cereales: los productos exhiben cualidades de calidad como expansión, solubilidad y capacidad de absorción de agua, densidad y color. Desde la perspectiva sensorial, el cereal más preferido por los consumidores es aquel con menor contenido de polvo de tuna, especialmente el de variedad roja, reconocido por su color rosado y textura más agradable, con menos dureza que los cereales con una mayor proporción de polvo de tuna roja. Este tipo de cereal funcional no solo aporta fibra soluble e insoluble para la dieta diaria, también polifenoles y pigmentos que ayudan a contrarrestar la formación de radicales libres, reduciendo el riesgo de ciertas enfermedades (Ruiz, 2014).

Conclusiones

En México, la producción de tuna es significativa, posicionando al país como uno de los principales productores y consumidores de este fruto. Sus propiedades nutricionales y los beneficios que aporta a la salud lo convierten en un alimento funcional con alto contenido de antioxidantes, fibra, vitaminas y minerales. Este capítulo aborda aspectos relevantes sobre sus características taxonómicas, usos, aplicaciones y perspectivas en cuanto a su aprovechamiento y comercialización.

Existen diferentes métodos de conservación de la tuna, como la elaboración de jugos, mermeladas, queso de tuna y bebidas alcohólicas, entre otros, que permiten aumentar la vida útil de este fruto de temporada. Las tecnologías alimentarias han incorporado nuevos productos a base de tuna, lo que amplía su disponibilidad en el mercado más allá de su presentación como fruto fresco.

La tuna tiene gran aceptación en el público mexicano, especialmente en las zonas rurales donde su consumo en estado natural es muy común. La aplicación de técnicas artesanales de conservación no solo ayuda a prolongar su vida útil y aportar valor agregado, sino que también permite su incorporación a una mayor variedad de platillos, más allá de los postres tradicionales. Además, el aprovechamiento integral de sus cáscaras y semillas contribuye a la reducción del desperdicio. Explorar nuevas formas de consumo y conservación puede impulsar el desarrollo de este alimento autóctono, fomentando su presencia en distintos mercados y promoviendo la investigación sobre sus efectos en la salud y la nutrición.

Referencias

- Camacho-Guerrero J. C., Chavarría-Martínez, E., Candelas-Cadillo, M. G., Ramírez-Baca, P. y Martínez-Rodríguez, F. J. (2016) Composición bromatológica y propiedades funcionales de la cáscara de tuna blanca deshidratada (*Opuntia ficus-indica*). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1(2), 633-637 <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/templates/articles.html>
- Condori, D. Y. (2017). *Evaluación del efecto de sales de calcio en la mejora de las propiedades fisicoquímicas y la conservación de dos variedades de tunas (Opuntia ficus indica) Corrales* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Altiplano]. Repositorio UNAP. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4235>
- Corrales J. (2011). Perspectivas Agroindustriales de la postcosecha de nopalito y la tuna. *Revista Salud Pública y Nutrición*, (5), 1-22. searchgate.net/profile/Joel-CorralesGarcia/publication/258629177_Perspectivas_agroindustriales_de_la_postcosecha_de_nopalito_y_la_tuna/links/02e7e528baf69e7096000000/Perspectivas-agroindustrialesde-la-postcosecha-de-nopalito-y-la-tuna.pdf
- El Poder del Consumidor. (2015, 22 de julio). *El poder de la tuna*. <https://elpoderdelconsumidor.org/2015/07/el-poder-de-la-tuna/>
- Fideicomiso de Riesgo Compartido. (2017, 6 de septiembre). *La Tuna, una fruta muy mexicana*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/firco/articulos/la-tuna-una-fruta-muy-mexicana?idiom=es>
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura -IICA-. (2017, 22 de junio). *Desarrolla el IICA estrategia sial para detonar producción de nopal y tuna en México*. <https://iica.int/es/prensa/noticias/desarrolla-el-iica-estrategia-sial-para-detonar-produccion-de-nopal-y-tuna-en>
- Jorge, P. y Troncoso, L. (2016). Capacidad antioxidante del fruto de la *Opuntia apurimacensis* (ayrampo) y de la *Opuntia ficus-indica* (tuna). *Anales de la Facultad de Medicina*, 77(2), 105-109. <https://dx.doi.org/10.15381/anales.v77i2.11812>
- Martínez, Y. M., Cuellar, M. D. R., Hernández, N. C. y Hernández, A. I. R. (2018). Tuna y xoconostle: fuentes de pectinas de interés alimentario. *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, 4(7). <https://doi.org/10.29057/icap.v4i7.2963>
- Medina, A. (2018). *Innovación de subproductos de tuna variedad copena y cristal para desarrollo sostenible de la comunidad de San Sebastián Villanueva Acatzingo Puebla* [Tesis de licenciatura, Benemérita Universidad de Puebla]. Repositorio BUAP. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/8726>
- Nazareno, M. A. y Padrón, C. (2011). Nuevas tecnologías desarrolladas para el aprovechamiento de las cactáceas en la elaboración de alimentos. Componentes funcionales y propiedades antioxidantes. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 2(1), 202-238. <https://www.researchgate.net/publication/215630197>

- Ochoa, C. E. y Guerrero, J. A. (2012). Efecto del almacenamiento a diferentes temperaturas sobre la calidad de tuna roja (*Opuntia ficus-indica* (L.) Miller). *Información tecnológica*, 23(1), 117-128. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642012000100013>
- Ouerghemmi, I., Harbeoui, H., Aidi Wannes, W., Bettaieb Rebey, I., Hammami, M., Marzouk, B. et al. (2017). Phytochemical composition and antioxidant activity of Tunisian cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.) flower. *Journal of Food Biochemistry*, 41(5), e12390. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12390>
- Pacuara, C. M. (2017). *Caracterización física y química de la tuna* (*Opuntia ficus-indica*) *en el municipio de Luribay provincia Loayza del departamento de la paz* [Tesis de licenciatura, Universidad Mayor de San Andrés]. Repositorio UMSA. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/13345>
- Pérez, E. M. y González, J. E. (2016). *Elaboración de productos a base de tuna* (*Opuntia ficus-indica*) *como aporte comercial y nutricional a la comunidad de la parroquia Eloy Alfaro del cantón Latacunga* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de los Andes]. Repositorio UniAndes. <http://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/5246>
- Ramírez, O., Figueroa, E. y Espinosa, L. E. (2015). Análisis de rentabilidad de la tuna en los municipios de Nopaltepec y Axapusco, estado de México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 36(enero-junio), 1199-1210. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=14132408006>
- Ruiz-Gutiérrez, M. G. (2014). *Estabilidad de componentes bioactivos de tuna roja* (*Opuntia ficus-indica*) *en la encapsulación y desarrollo de productos extrudidos* [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio UANL. <https://cd.dgb.uanl.mx/handle/201504211/16657>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2018, 11 de junio). *En 2017, la producción nacional de tuna y xoconostle fue superior a 470 mil toneladas*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/siap/articulos/>
- Taguchi, M., Makkar, H. y Louhaichi, M. (2018). *Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas en Zonas Áridas. <https://www.fao.org/3/i7628es/I7628ES.pdf>
- Terán, Y., Navas, D., Petit, D., Garrido, y D'Aubeterre R. (2015). Análisis de las características físico-químicas del fruto de *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, cosechados en Lara, Venezuela. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(1), 69-74. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81339864010>
- Vega, B. R. (2019). *Elaboración de helado con mucílago de la cáscara y hojas de tuna* (*Opuntia ficus-indica*) [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio UTC. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/6044>

Capítulo

II



Huitlacoche

(*Ustilago maydis*)

Perla Lizeth Hernández Mejía¹
José Alberto Ramírez de León¹
Melissa Hazel García Vallejo¹

Introducción

El huitlacoche (*Ustilago maydis*) es un hongo endémico de México, puede desarrollarse en cualquier región donde se siembra maíz, y se ha consumido desde la época prehispánica por su agradable sabor (Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, 2018). Aunque en la actualidad su consumo se ha vuelto popular, aún existe una proporción de la población mexicana que no lo incluye en su dieta, pues desconoce todos los atributos que lo convierten en un alimento funcional y nutracéutico (Rodríguez et al., 2021).

En un principio se le vio como una plaga que “echaba a perder” las cosechas de maíz porque no se sabía cómo aprovecharlo. En la actualidad, debido a su exquisito sabor, su diversidad culinaria y sus propiedades nutracéuticas evidenciadas, el huitlacoche ha tenido una exitosa inclusión en la alta cocina, generando que su consumo haya aumentado a un ritmo acelerado en México y a nivel internacional (Méndez et al., 2019). Por ello, su producción natural ya no es suficiente, pues se deben conjugar ciertas características ambientales de temperatura y humedad que no se presentan todo el año (Ramírez, 2020). Por lo anterior, se ha buscado inducir y controlar su producción a través de la inoculación y así aumentar su disponibilidad.

El manejo poscosecha del huitlacoche es un poco complicado, el principal inconveniente es que conserva sus características organolépticas por un periodo relativamente corto, debido a que al ser desgranado, el producto sufre daño mecánico, su actividad metabólica se altera y genera la pérdida acelerada de agua. Esto lleva a su pronta descomposición (3 a 4 días posteriores a su recolección) (López, 2017), por lo que se recomienda que se consuma recién cosechado.

¹Unidad Académica de Trabajo Social y Ciencias para el Desarrollo Humano, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Victoria S/N C.P. 87149, Ciudad Victoria, Tamaulipas.

Este capítulo profundiza en el conocimiento de este hongo y en sus bondades, para que la población mexicana pueda aprovechar este recurso natural y logre obtener todos los beneficios que aporta su consumo. Como lo afirma Noyola (2018), este producto es un alimento con propiedades nutricionales, funcionales y medicinales.

2.1. Antecedentes sobre el consumo de hongos comestibles

A través del tiempo, se ha buscado la manera de diversificar la alimentación humana para adoptar una mejor calidad de vida y desarrollar las actividades habituales de manera adecuada. La dieta, entendida como la ingesta diaria de alimentos, debe ser variada, equilibrada y suficiente. Los hongos han formado parte especial de esta, principalmente en países asiáticos, donde su cultivo representa una fuente alimentaria y desarrollo agrícola, debido a la formación de industrias dedicadas a la transformación de esta materia prima en diversas partes del mundo (Méndez et al., 2019).

En la civilización mesoamericana, los hongos se utilizaban como alimento, así como en festividades, ceremonias religiosas y en la medicina tradicional (Herrera, 1992). Además, se identifican sus compuestos activos con funciones antibióticas, antineoplásicas, fungicidas inmunosupresores y con la capacidad de reducir niveles de colesterol (Sampayo, 2015). En las culturas náhuatl y maya, uno de los hongos comestibles más utilizados fue el huitlacoche, también llamado flor del maíz, *papiotl* y *pupoiol* (Méndez, 2019), el cual se muestra en la Figura 1.

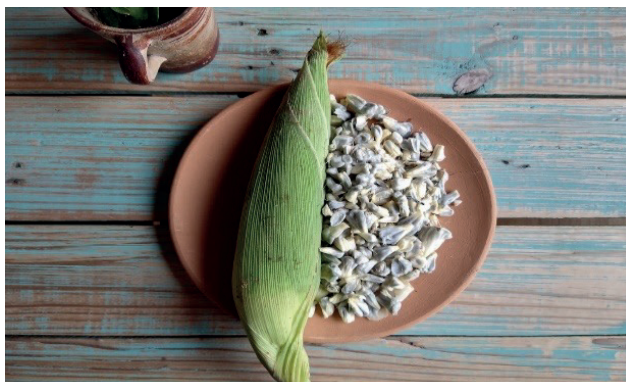


Figura 1. Huitlacoche (*Ustilago maydis*)

Fuente: Fotografía del chef Ari Michel Merino Saavedra.

2.2. Características morfológicas y taxonómicas

El huitlacoche es un hongo endémico de México y ha sido consumido desde la época prehispánica. Este alimento es una combinación del reino vegetal con el reino Fungi (hongos), con propiedades nutricionales, funcionales, además de ser un medicamento tradicional (Noyola, 2018). Este “hongo parásito” se adhiere a otro organismo vivo para desarrollarse. Pertenecce al orden de los Ustilaginales (hongos del carbón) y es el generador del carbón del maíz. Dicho hongo promueve la formación y crecimiento de “tumores” o protuberancias que se conocen como forúnculos, ampollas, agallas o hinchazones, los cuales se generan en las plantas de maíz (*Zea mays* ssp. *mays*) y teozintle (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) (Ramírez, 2020). En la Tabla 1 se muestra la clasificación taxonómica de este hongo comestible (Sampayo, 2015).

Tabla 1. Taxonomía del huitlacoche

Reino	Fungi
División	Eumycota
Subdivisión	Basidiomycotina
Clase	Heterobasidiomycetes
Orden	Ustilaginales
Familia	Ustilaginaceae
Género	<i>Ustilago</i>
Especie	<i>Ustilago maydis</i>

Fuente: Sampayo (2015).

El hongo *Ustilago maydis* puede desarrollarse en condiciones de clima templado y húmedo, infectando a las plantas de maíz en el tallo, hojas, espiga y especialmente en la mazorca, formando los tumores o agallas característicos de un color entre morado y negro, que no resulta muy agradable a la vista, por lo que en un principio se le vio como una enfermedad en las cosechas de maíz (Ruíz, 2008). Este hongo puede desarrollarse en cualquier región donde se siembre maíz, siempre y cuando las condiciones climáticas le favorezcan.

De acuerdo con Valadez (2012, citado por Gámez, 2018), el registro más antiguo que se tiene sobre la mención del huitlacoche es en una obra de fray Bernardino de Sahagún (S. XVI), donde se le denomina “cuitlacochi”, haciendo referencia a la suciedad que crece sobre el maíz. Por otro lado, los mayas lo denominaban *Ta’wa nal chaak*, que significa “excremento del dios Chaak” (dios de la lluvia) y los aztecas lo conocían como *popoyotl*, que significa maíz quemado

o *cuitlacochoitli*, lo cual también se refiere a “suciedad dormida”. Se cree que en los tiempos prehispánicos, los primeros en consumir el huitlacoche fueron los campesinos, que al ver sus cosechas mermadas por el hongo y ante la necesidad de alimentar a la familia, empezaron a probar diversas formas de cocinarlo. Actualmente, se ha convertido en materia prima de platillos de cocina gourmet; es conocido como “trufa mexicana” y “caviar azteca”, haciendo alusión a sus orígenes (Prado, 2018).

2.3. Composición química

Los hongos comestibles, entre ellos el huitlacoche, tienen un importante aporte nutricional, ya que en su mayoría poseen un alto contenido proteínico, lo que le confiere relevancia en la dieta del ser humano cuando hay una baja disponibilidad de alimentos de origen animal o cuando se opta por una dieta basada en proteína vegetal. Es una buena fuente de lisina, contiene ácido linoleico que ayuda a regular los niveles de colesterol, y posee un contenido significativo de vitaminas con función antioxidante (Sampayo, 2015). Su aporte nutricional se puede comparar con el del maíz, la leche y las legumbres; sin embargo, es menor que el de la carne, pescado y huevos (Salazar et al., 2017). Asimismo, el huitlacoche aporta otros nutrientes como hidratos de carbono de fácil digestión, ácidos grasos, minerales (principalmente fósforo, magnesio y calcio) y vitaminas (Méndez, 2019).

Con la finalidad de comprobar el valor nutricional del huitlacoche y crear conciencia sobre la importancia del consumo de este hongo, en 2017, Aydoğdu y Gölükçü (2017) realizaron una investigación sobre la composición de sus nutrientes, donde surgieron los resultados que se muestran en la Tabla 2. Esa investigación reveló, por primera vez, las materias fenólicas y flavonoides totales y la actividad antioxidante del huitlacoche.

Tabla 2. Composición del huitlacoche

Contenido	%	(mg/kg)	
Humedad	90.0 ± 0.18		
Proteína cruda	12.0 ± 0.1		
Celulosa cruda	11.0 ± 0.14		
Grasa total	1.80 ± 0.02		
Carbohidrato	45.0 ± 0.26		
Materia fenólica	-	-	113.11 ± 0.2 mg GAE/kg de muestra seca
Materia flavonoide total	-	-	28.51 ± 0.16 mg CE/ kg de muestra seca
Capacidad antioxidante	-	-	186.44 ± 0.09 mg/mg DPPH
Minerales			
Manganeso (Mn)	-	1.91 ± 0.07	
Zinc (Zn)	-	2.51 ± 0.06	
Sodio (Na)	-	12.06 ± 0.08	
Magnesio (Mg)	-	262.69 ± 0.02	
Calcio (Ca)	-	18.61 ± 0.01	
Fósforo (P)	-	342.07 ± 0.02	
Hierro (Fe)	-	2.85 ± 0.08	
Ácidos grasos			
Ácido mirístico	0.44 ± 0.01		
Ácido pentadecanoico	0.67 ± 0.01		
Ácido palmítico	14.79 ± 0.17		
Ácido palmitoleico	2.10 ± 0.16		
Ácido margárico	0.51 ± 0.01		
Ácido esteárico	3.94 ± 0.06		
Ácido oleico	42.49 ± 0.12		
Ácido linoleico	26.97 ± 0.18		
Ácido linolénico	0.84 ± 0.01		
Ácido araquídico	2.86 ± 0.10		
Ácido eicosanóico	4.39 ± 0.10		

Fuente: Aydoğdu y Gölükçü (2017).

Como se observa en la Tabla 2, así como en otros estudios, el huitlacoche tiene numerosos rasgos nutricionales. Si se compara con otros hongos comestibles, es superior en cuanto a sustancias bioactivas. El contenido de proteínas en base seca del huitlacoche, por ejemplo, está en un rango entre 11.5 y 16.4 % y contiene un balance de aminoácidos esenciales adecuado para los requerimientos de la población adulta. Además, los hidratos de carbono son ricos en glucosa, fructosa, galactosa, arabinosa, xilosa, glicerol, sorbitol, manitol y manosa (Méndez et al., 2019). Debido a su composición nutrimental, el huitlacoche resulta ser benéfico, pues sus componentes bioactivos reducen el riesgo de desarrollar algunas enfermedades crónico-degenerativas. Por lo tanto, la ingesta habitual de este hongo puede ofrecer efectos benéficos en la salud.

2.4. Valor nutricional y funcional

La dieta juega un papel fundamental en proporcionar los nutrientes esenciales que nuestro cuerpo necesita para funcionar correctamente. Cada vez hay más evidencia científica que respalda la idea de que algunos alimentos y sus componentes tienen efectos favorecedores debido al aporte de nutrientes clave. Los estudios han puesto un énfasis significativo en identificar los componentes de los alimentos que tienen actividades biológicas beneficiosas y que pueden reducir el riesgo de desarrollar enfermedades. Según Lull et al. (2005, citados por Salazar, 2013), la exploración de compuestos medicinales provenientes de hongos ha tomado mayor interés debido a las sustancias activas antitumorales y antiinflamatorias que promueven la salud. Se calcula que cerca del 50 % de los cultivos de setas comestibles contienen propiedades nutraceuticas o medicinales.

El huitlacoche es un alimento que va más allá de la nutrición básica, pues se asocia con el aumento de algunas funciones fisiológicas y con la disminución en el riesgo de presentar ciertas enfermedades, por lo que es un alimento funcional (Salazar et al., 2017). El consumo del huitlacoche ayuda a controlar algunas enfermedades no transmisibles como cáncer, diabetes e hipertensión (Pérez, 2019). Debido a que se han descrito compuestos fenólicos en concentraciones elevadas con propiedades antioxidantes y antimutagénicas, que podrían ser de utilidad en la prevención o control de este tipo de enfermedades y otras enfermedades crónico-degenerativas, como la aterosclerosis (Salazar, 2013). Por otro lado, contiene un aporte significativo de fibra, lo que le confiere una actividad biológica que previene enfermedades gastrointestinales y crónico-degenerativas, como el Alzheimer (Sampayo, 2015). Asimismo, los hongos aportan compuestos que no se encuentran en las mismas concentraciones en las plantas ni en productos alimenticios de origen animal, promoviendo una dieta más equilibrada (Noyola, 2018).

2.5. Potencial nutracéutico del huitlacoche

A lo largo del tiempo, la humanidad ha usado las plantas para prevenir y tratar sus padecimientos. En la actualidad, se han estudiado los componentes químicos de algunos alimentos, así como sus beneficios para la salud y su influencia en la prevención y el control de algunas enfermedades. Los hongos comestibles han formado parte de la dieta del ser humano por años y han sido ampliamente analizados, logrando identificar que no solo proporcionan un buen aporte de hidratos de carbono, sino que también sintetizan metabolitos secundarios, que tienen una función primordial en la estructura del hongo (Sampayo, 2015).

Beas (2011) trabajó en la identificación de componentes químicos y funcionales de los compuestos bioactivos propios del huitlacoche, enfocándose en su potencial actividad antioxidante, lo cual respaldaría su función nutracéutica, encontrando altos niveles de oligosacáridos (rafinosa y fibra dietaria), que tienen una relación directa en la reducción del riesgo de cáncer de colon.

Por otro lado, Salazar (2013) analizó las propiedades del huitlacoche para la regulación de glucosa y concentración de lípidos en ratas divididas en dos grupos: 1) diabetizadas con estreptozotocina, y 2) normales. En dicho estudio, se proporcionó a ambos grupos, durante cuatro semanas, tres tipos de dietas: 1) una dieta base, 2) dieta base más huitlacoche crudo al 10 %, 3) dieta base más huitlacoche guisado al 10 %. Al finalizar el estudio, no se observó un cambio en los niveles del perfil lipídico de los individuos estudiados; sin embargo, se registró un efecto hipoglucemiante significativo en ratas con diabetes alimentadas tanto con el huitlacoche crudo como con el guisado. Lo anterior sugiere que el huitlacoche puede ser una opción para el tratamiento de la diabetes, ya que podría reducir o retardar los signos y síntomas característicos de esta enfermedad. Por otro lado, Valdez-Morales et al. (citados por Sampayo, 2015) examinaron el aporte de β -glucanos en el huitlacoche y evidenciaron que es equivalente al de otros hongos comestibles y mayor al del maíz. En el ámbito médico, es sabido que estos compuestos son de gran beneficio al tratar a pacientes con cáncer debido a su capacidad de estimulación del sistema inmunológico, además de inhibir la replicación de células cancerígenas. También se han comprobado propiedades antioxidantes, antitumorales, antibióticas, antidiabéticas y antihipertensivas, por lo que el huitlacoche puede aportar un efecto farmacéutico.

2.6. Producción y manejo del huitlacoche para su consumo

El huitlacoche se puede producir de manera natural o inducida, como se describe a continuación.

2.6.1. Producción natural

El huitlacoche se forma de manera natural cuando el hongo *Ustilago maydis* infecta la cosecha de maíz generando protuberancias o “agallas”. Se puede producir en todas las regiones que producen este cereal; sin embargo, para que la infección natural suceda, deben existir ciertas condiciones climáticas como una humedad relativa de 72 a 80 % y un rango de temperatura entre 17 a 20 °C (Ramírez, 2020) o 25 a 30 °C (Gámez, 2018).

El ciclo de vida del hongo consta de diversas etapas. En la inicial infectará al hospedero para poder reproducirse. Para ello, las basidiosporas, las cuales son las estructuras reproductivas del hongo, germinan en la superficie de la planta de maíz, formando hifas. Estas son estructuras filamentosas similares a raíces y son responsables de la infección inicial de la planta de maíz. Las hifas del hongo penetran en los tejidos de la planta de maíz y encuentran otras compatibles. Ambas se fusionan en un proceso llamado *plasmogamia*, formando un micelio dicariótico, lo que significa que cada célula del hongo contiene dos núcleos. El micelio dicariótico continúa creciendo dentro de los tejidos de la planta de maíz, provocando la formación de agallas, que son estructuras tumorales caracterizadas por su apariencia de color negro o azulado. Estas agallas son conocidas como huitlacoche.

El desarrollo del maíz influye en el crecimiento del hongo (Figura 2). Si la planta es muy robusta, se obtendrán agallas de mayor tamaño. Del mismo modo, altas dosis de nitrógeno y materia orgánica aumentarán la producción de huitlacoche e incrementan, a su vez, el rendimiento del maíz (Gámez, 2018).



Figura 2. Huitlacoche recién recolectado

Fuente: fotografía del chef Ari Michel Merino Saavedra.

La aparición del huitlacoche puede darse en cualquier lugar donde se siembre el maíz; sin embargo, las condiciones ambientales son las que propician la propagación y se debe considerar la etapa en que se desarrolla la infección en el hospedante, así como el estado del tejido de la planta para que se puedan formar los tumores. Por esto, puede observarse que su producción de manera natural es baja (Ramírez, 2020).

Debido a que el huitlacoche es un hongo que se forma de manera natural en el maíz, su producción puede considerarse una práctica agroecológica. Los productores aceptan la presencia de este hongo en los cultivos de maíz, ya que lo consideran un beneficio en lugar de un perjuicio para la cosecha. Además, solo afecta una parte muy pequeña del cultivo (de 1 al 5 % de las plantas), por esa razón no es considerado como una plaga en México (Gámez, 2018). Para que el *U. maydis* pueda infectar de manera natural a la cosecha de maíz, se deben dar condiciones climáticas especiales. En consecuencia, pocos cultivos son infectados, y no se presenta en todas las mazorcas; por lo que la generación del huitlacoche es poco común. Diversas investigaciones han intentado conocer mejor el proceso para inducir su producción.

Identificar cepas de huitlacoche con capacidad de infección y adaptadas a ciertas regiones es crucial para desarrollar cultivos comerciales exitosos (Ramírez, 2020). Estas cepas adaptadas pueden tener características deseables como una mayor resistencia a condiciones climáticas específicas, mejor adaptación al suelo local y una capacidad óptima para infectar las plantas de maíz y producir un hongo de mayor calidad.

Sampayo (2015) afirma que se han estudiado las diversidades de genotipos de maíz para producir huitlacoche, encontrando que las concentraciones de β -glucanos en el maíz criollo revela las cantidades más altas; por ello se sugiere que es la mejor opción para la producción natural de huitlacoche en México.

2.6.2. Producción inducida

Actualmente, el consumo del huitlacoche ha crecido en México, tanto por su exquisito sabor como por sus versátiles características culinarias y sus propiedades nutraceuticas (Prado, 2018). Su demanda a nivel internacional también ha crecido, pues es muy bien aceptado como platillo de la alta cocina mexicana y se ha introducido con éxito en la cocina más sofisticada de algunas zonas urbanas de Estados Unidos, Japón y Europa (Méndez et al., 2019). Esto ha provocado que los agricultores busquen producir el hongo para ofrecer un producto alimenticio del campo con valor agregado para el consumidor, lo que les permite obtener un mejor ingreso económico, ya que el maíz infectado por el hongo cuesta 50 % más que el sano (Gámez, 2018). Esto, aunado a la baja cantidad obtenida en la producción natural, explica por qué en la actualidad existen diversas zonas de la República mexicana donde se lleva a cabo la producción inducida de huitlacoche. En esta técnica, como su nombre lo indica, se provoca la infección por el hongo patógeno (Méndez, 2019).

Aunque la demanda de huitlacoche es relativamente reciente, desde hace siglos, algunos investigadores se avocaron a buscar métodos que les permitieran controlar la producción de este hongo. En 1776, se propusieron métodos para inducir la generación del huitlacoche, pero los resultados no fueron positivos. Posteriormente, en 1895, se lograron algunos avances al intentar la inoculación mediante el rociamiento a la planta de maíz con una mezcla de esporidias producidas en caldo nutritivo; después se hizo el intento con espolvoreo de teeliosporasa secas sobre las plantas obteniendo buenos resultados, pero no se observaron resultados favorables a largo plazo. En 1989, se seguían realizando pruebas sobre este tema y se obtuvieron resultados positivos al infectar las mazorcas mediante la inyección transversal de una mezcla de aislados compatibles de este hongo (Gámez, 2018).

Con base en esas pruebas, se han desarrollado una serie de técnicas de infección en diferentes etapas de la planta de maíz. Por ejemplo, en la inoculación, etapa en la que los estilos han emergido completamente, se ha observado un 50 % de infección. También se ha inoculado una pequeña cantidad de esporidias a través del canal de los estilos (cuando miden cerca de 10 cm), logrando un porcentaje de infección muy cercano al 10 % (Gámez, 2018).

En otro orden, Ramírez (2020) menciona que, al elaborar un inóculo con una suspensión de esporidios de dos cepas haploides compatibles, se aumenta la probabilidad de que se produzca la fusión de hifas y la formación de un micelio dicariótico exitoso en la planta de maíz, lo que resulta en una infección más efectiva y una mayor producción de huitlacoche. A pesar de las innovaciones en la ciencia y tecnología implementadas a lo largo del proceso para la obtención de cepas de hongos silvestres con potencial de cultivo y comercialización, nuestro país aún está en proceso de desarrollo en este tema.

Morales et al. (2020) investigaron la producción controlada del huitlacoche en Veracruz utilizando ocho cepas silvestres de *U. maydis*. Mediante pruebas para identificar la compatibilidad con la reacción *fuzz*, mezclaron asilamientos de células haploides *in vitro* y monitorearon su desarrollo a los 3 días de incubación. Con esto, se pudieron elegir cepas compatibles con potencial de producción. La reacción *fuzz* positiva indica una respuesta favorable o compatible entre las células haploides del patógeno y el hospedero. Seis de las ocho combinaciones realizadas manifestaron compatibilidad al formar micelio algodonoso en la colonia, demostrando que estas combinaciones son adecuadas para la inoculación artificial en cultivos de maíz de la región de origen.

Las investigaciones han logrado avances significativos en la inducción de la producción del huitlacoche; sin embargo, no se han desarrollado técnicas con la eficiencia necesaria debido a los diversos factores que afectan el crecimiento de este hongo. La humedad, por ejemplo, es un factor imprescindible para la germinación de las esporas y el crecimiento del tubo germinativo previo a la penetración del hongo en la planta de maíz, así que sin ella no es posible obtener buenos resultados (Gámez, 2018). De acuerdo con dicha investigación, el mejor método para la producción controlada del huitlacoche es la inoculación por inyección. Sin embargo, si se consideran el factor económico y el desarrollo sustentable, es más viable el método de pulverización, al ser la alternativa idónea para que los pequeños productores adquieran su propio huitlacoche con recursos locales accesibles. Además, es más económico, requiere menos tiempo y no demanda conocimientos especializados ni asesoría técnica.

El huitlacoche tiene gran importancia histórica, cultural, gastronómica, nutricional y funcional a nivel nacional; por lo que es relevante desarrollar biotecnología que promueva la producción controlada de agallas de manera eficiente y permita incluir este producto en el sistema agroalimentario microbiano (Ramírez, 2020).

2.7. El manejo poscosecha

El aumento en la demanda de consumo del huitlacoche ha generado que, además de buscar un método que permita aumentar su producción, también se mejoren los métodos de conservación para su consumo en fresco (Aydoğdu, 2015), ya que una de sus principales desventajas es ser altamente perecedero, pues se conserva de tres a cuatro días en promedio a temperatura ambiente. Este corto tiempo de conservación se ha asociado al conjunto de reacciones químicas que presenta el hongo, así como a pérdida de la cutícula y deshidratación rápida, motivo por el que se recomienda consumirlo en cuanto es cosechado. El Dr. Martínez Carrera, en entrevista con Noyola (2018), destaca la importancia de mantener el producto en refrigeración, lo que permite que se conserve hasta ocho días poscosecha, ya que los hongos son microorganismos que siguen creciendo y desarrollándose, por lo que resulta importante utilizar un método de conservación adecuado para evitar que se deteriore.

El huitlacoche contiene un alto porcentaje de humedad, la cual pierde con rapidez acelerando su descomposición, como se reporta en investigaciones que señalan pérdidas de peso del 30 % en el hongo entero o mazorca, y hasta de 65 % en producto suelto posterior a tres días de recolección, conservado a temperatura ambiente (Martínez et al., 2008).

Con la finalidad de disminuir la rapidez con la que este producto pierde agua y conservar sus características morfológicas, López (2017) evaluó las condiciones de humedad y temperatura de almacenamiento adecuadas para conservar sus propiedades físicas y reducir la aparición de hongos fitopatógenos. Concluyó que la mejor opción es mantener las agallas a 3 °C; con esto se prolonga la vida de anaquel del huitlacoche hasta 12 días y reduce su velocidad de deshidratación.

Por otra parte, Medina et al. (2019) identificaron métodos para aprovechar la cosecha del huitlacoche y transformar las agallas en guiso tradicional con conservadores y empacado al vacío, así como la deshidratación de las agallas. Estas técnicas permiten incrementar su vida útil de anaquel, añadir valor agregado al producto y promover su comercialización, ya que prolongan el tiempo de conservación y permiten transportarlo en buen estado a lugares donde no hay producción.

2.8. Perspectivas y tendencias del aprovechamiento del huitlacoche

El cultivo de los hongos comestibles data del siglo XVIII, cuando en varias regiones de Europa, sobre todo en Francia, se empezaron a producir los champiñones de una manera rústica. Fue hasta después de la Segunda Guerra Mundial que la tecnología mejoró notablemente. En México, ocurrió hasta 1933, cuando algunas empresas empezaron a producir estos champiñones para su comercialización de manera exitosa (Guzmán et al., 1993). En años posteriores hubo interés en producir huitlacoche, pero en ese tiempo no se tenía el conocimiento ni el equipo industrial para llevar a cabo una adecuada producción.

Al existir un incremento en el consumo de este hongo en el mercado, resulta necesario eficientizar las técnicas de producción y transformación, con la intención de aumentar su disponibilidad. Esto le confiere un importante potencial productivo y económico a nivel nacional (Medina et al., 2019).

En México, se han dado grandes avances en el cultivo y producción de hongos gracias al desarrollo industrial en el sector privado y a la producción tradicional en la zona rural, bajo un modelo sostenible. Esta evolución provocó un incremento significativo en la producción, que pasó de 360 toneladas anuales en 1974 a 1 825 en 2005, según datos de Ruan-Soto et al. (2006, citados por Gámez, 2018).

La información disponible en la actualidad sobre el ciclo de producción del huitlacoche ha hecho posible el aprovechamiento técnico, cultural y social de todo su potencial y su producción de manera controlada; sin embargo, todavía no se alcanza un nivel de producción con los estándares internacionales necesarios para la exportación (Noyola, 2018).

De acuerdo con datos registrados en el 2007, y más recientemente en 2017, se estima que en México se consumen entre 400 y 500 toneladas de huitlacoche obtenido por recolección (Villanueva, 2007 y 2009; Aydoğdu y Gölükçü, 2017); pero no hay datos sobre el volumen de producción del huitlacoche cultivado. También es procesado por al menos seis empresas que venden la especialidad de hongos enlatados o liofilizados. Asimismo, ha aumentado el interés en producir *U. maydis* como un hongo especial en Estados Unidos debido a la aceptación emergente del huitlacoche por parte del público norteamericano, que lo percibe como un alimento *gourmet* dentro del creciente mercado de alta cocina mexicana (Aydoğdu y Gölükçü, 2017).

La forma más común de encontrar este producto en los mercados es en su forma desgranada, también conocida como “en agallas”, para facilitar su preparación inmediata (Figura 3). Al desgranar la mazorca de huitlacoche, se genera cierta presión sobre el hongo, rebasando el límite de elasticidad de la

cubierta externa, conocida como peridio. Esto provoca daños mecánicos y expone el grano al ambiente, lo que acelera de su descomposición (López, 2017).



Figura 3 . Huitlacoche en agallas

Fuente: fotografía del chef Ari Michel Merino Saavedra.

Considerando que el huitlacoche se comercializa ya desgranado y presenta dificultades que acortan su vida poscosecha, Medina et al. (2019) proponen un prototipo de desgalladora de huitlacoche para un mejor manejo del producto y así reducir el daño mecánico que sufre desde que es cortada y posteriormente transportada.

Al ser un alimento apreciado por sus características culinarias, dejando de ser visto como un daño en el maíz y convirtiéndose en un producto sofisticado de la naturaleza, la “cocina nouveau” de los restaurantes de lujo lo ha incorporado con gran aceptación. Su uso se ha extendido y hoy es un deleite culinario para chefs ampliamente reconocidos, gracias a sus particulares características organolépticas (Aydoğdu, 2017). El huitlacoche se puede servir en sopas, aperitivos y platos principales en muchos restaurantes (Figura 4).



Figura 4. Huitlacoche como materia prima de platillo

Fuente: fotografía del chef Ari Michel Merino Saavedra.

Consciente de la importancia de transformar el huitlacoche en productos elaborados, en 2019, un grupo de investigadores mexicanos buscaron aprovechar la época de recolección para transformar las agallas en productos alimentarios con valor agregado, con el fin de aumentar su comercialización y consumo. Para dicha investigación, se unificaron estándares para las agallas del huitlacoche espigado en maíz criollo de una zona de Puebla. Posteriormente, se propusieron tres alternativas: 1) huitlacoche con un mínimo procesamiento que se pudiera usar como ingrediente; 2) productos alimentarios de huitlacoche elaborado en un platillo tradicional, empacado al vacío con conservadores (ácido cítrico y benzoato de sodio) y con recubrimiento de aceite extravirgen; 3) huitlacoche deshidratado para envasarlo. Estas se analizaron mediante pruebas bromatológicas, microbiológicas y sensoriales, encontrando que es posible procesar el huitlacoche para su consumo. De las tres propuestas, el guiso tradicional con conservadores mostró mayor potencial de comercialización, desarrollándose un producto empacado al vacío que aumenta su vida útil, así como su valor. Se sabe que entre mayor sea el porcentaje de agua que presenten las agallas de huitlacoche, mayor será la presencia de microorganismos, por lo que se han implementado técnicas para la adecuada deshidratación de este hongo.

En este sentido, se desarrolló un método de deshidratación en estufas de secado, el cual alarga la vida útil de las agallas de huitlacoche y permite promoverlo como producto alimenticio (Medina et al., 2019). Para rehidratarlas, se sugiere poner agua en un recipiente y calentarla a 95 °C, después sumergir las agallas sin dejarlas tanto tiempo para que conserven un porcentaje elevado de su valor nutricional. Una vez hidratadas, se pueden cocinar para que no pierdan su sabor original. Se realizó una prueba denominada *igual-diferente* realizada a las agallas frescas de huitlacoche comparadas con agallas rehidratadas; ambas preparaciones tenían la misma cantidad de ingredientes y fueron elaborados de la misma forma, considerando los tiempos de cocción; al probarlas, los participantes de la prueba no encontraron ninguna diferencia de sabor entre ambos guisos. Pero no es lo único que se puede preparar con las agallas de huitlacoche.

Gámez (2018) menciona que a través de los años se han propuesto una gran variedad de preparaciones en la cocina mexicana, desde entradas o *snacks*, hasta sopas y platillos más elaborados; así como alimentos refinados, postres y bebidas, con la finalidad de promover su producción para aumentar su consumo. Este hongo es muy versátil y puede ser empleado en una gran variedad de presentaciones; sin embargo, falta difusión sobre los beneficios que aporta a la salud de quien lo consume, pues un alimento sano lleva a tener una dieta más equilibrada, variada y completa.

Conclusiones

El huitlacoche pertenece al reino Fungi y su nombre hace referencia a las protuberancias, también conocidas como “agallas”, que se generan en el maíz y el teocintle por el hongo *Ustilago maydis*. Contiene un buen aporte nutricional, destacando su contenido en hidratos de carbono, principalmente glucosa y fructosa, que son azúcares de fácil digestión; así como un alto aporte de fibra, la cual previene alteraciones gastrointestinales y regula los niveles de azúcar en sangre para la prevención de diabetes. Respecto a su contenido de grasas, el ácido linoleico contribuye a mantener niveles adecuados de colesterol, evitando problemas de aterosclerosis. También contiene proteínas con un elevado aporte de aminoácidos esenciales, lo que le otorga a este hongo un papel relevante en la alimentación de la población cuando esta tiene un consumo limitado de proteína de origen animal. Asimismo, entre sus minerales destacan el fósforo, magnesio y calcio, así como altas concentraciones de compuestos fenólicos, a los que se les atribuyen efectos antioxidantes que ayudan a prevenir el envejecimiento celular. Por otra parte, se han identificado componentes antimutagénicos que podrían ser de utilidad en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles, como el cáncer.

La producción natural del huitlacoche es baja, ya que necesita de condiciones climáticas especiales: una humedad relativa del 72 al 80 % y una temperatura templada de entre 17 y 30 °C. Por ello, es necesario inducir la producción, la cual ha incrementado últimamente para satisfacer la demanda. Pese a estos esfuerzos, nuestro país aún está en desarrollo en este tema debido a la cantidad de factores físicos, químicos, biológicos y ambientales que afectan su producción. Es necesario eficientizar las tecnologías para su producción y procesamiento, ya que es un hongo muy versátil y puede utilizarse en una amplia variedad de platillos e incluso en bebidas.

En el presente capítulo se abordaron aspectos relacionados con su aporte nutracéutico, su producción y manejo poscosecha, así como las perspectivas y tendencias de su consumo. Sin embargo, en algunas zonas no se aprovecha de manera habitual, en ocasiones por desconocimiento de su valor nutricional y su preparación. Es necesario difundir mejor sus beneficios para la salud e investigar usos de este alimento para aportar valor agregado.

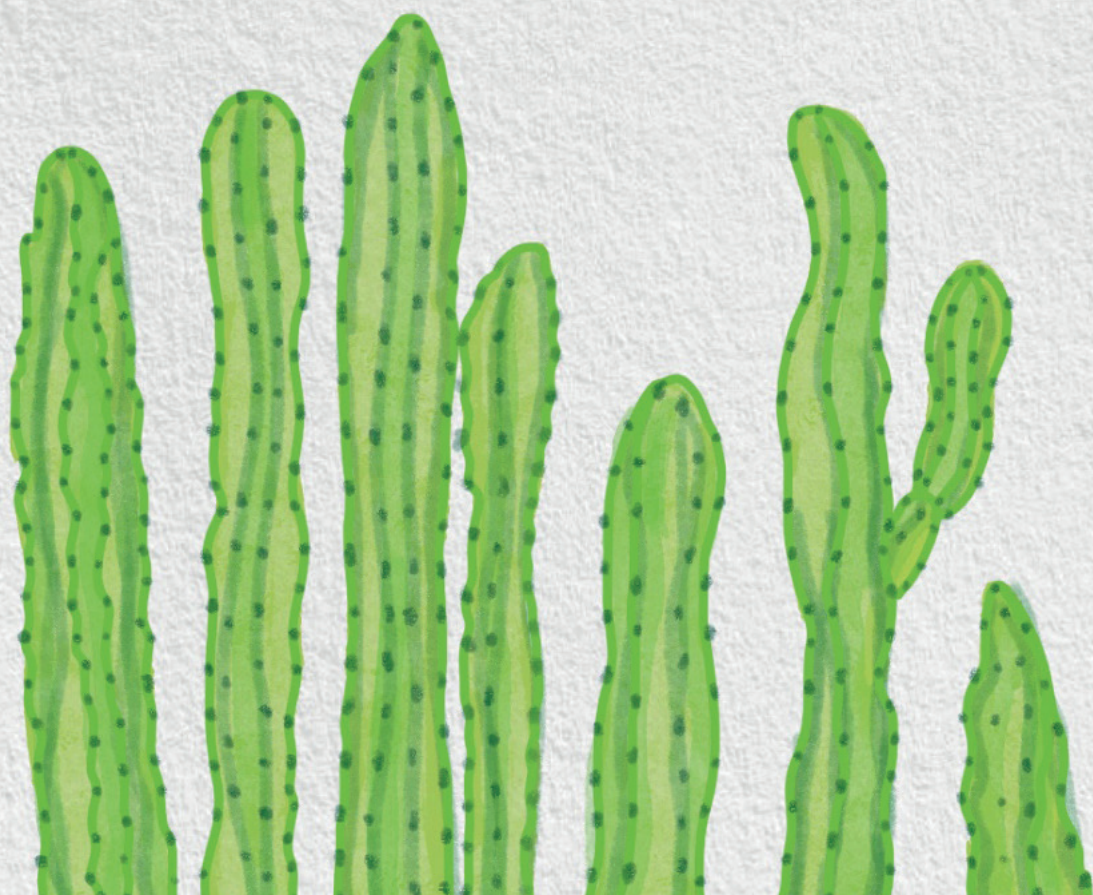
Referencias

- Aydoğdu, M. (2015). *Huitlacoche* yield in some maize varieties in the Mediterranean region of Turkey. *Food Science and Technology*, 35(2), 386-390. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.6673>
- Aydoğdu, M. y Gölükçü, M. (2017). Nutritional value of huitlacoche, maize mushroom caused by *Ustilago maydis*. *Food Science and Technology*, 37(4), 531-535. https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0101-20612017005024102&script=sci_arttext
- Beas, R., Loarca, G., Guzmán, S. H., Rodríguez, M. G., Vasco, N. L. y Guevara, F. (2011). Potencial nutracéutico de componentes bioactivos presentes en huitlacoche de la zona centro de México. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 42(2), 36-44. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-01952011000200006&script=sci_arttext
- Gómez, V. (2018). *Evaluación de inóculos de Ustilago maydis en maíces de la región de Acatzingo, Puebla, para la producción de huitlacoche* [Tesis de licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio BUAP. <https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/8701>
- Guzmán, G., Mata, G., Salmones, D., Soto-Velazco, C. y Guzmán-Dávalos L. (1993). *El cultivo de los hongos comestibles* (1ª. ed.). Instituto Politécnico Nacional. Tresguerras.
- López, E., Pérez, A., Acosta, M., Ochoa, M. D. J., Rojas, R. I. y Espinosa, T. (2017). Factores físicos y microbiológicos en el deterioro del huitlacoche en poscosecha. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(3), 545-558. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342017000300545&script=sci_arttext
- Martínez, F. A., Corrales, G. J. J., Espinosa, S. T., García, G. P. G. y Villanueva, V. C. (2008). Cambios poscosecha del hongo comestible huitlacoche (*Ustilago maydis* [DC] Corda). *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 14(3), 339-346. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60914315>
- Medina, R. M., Peña, M. y Hernández, F. (2019). Huitlacoche. Materia prima para la elaboración de productos alimentarios; aumento de su valor comercial. *Revista Avance Tecnológico*, 11(24). Instituto Tecnológico Superior de Libres. <https://www.itlibres.edu.mx/SIP/AvanceTec/RevistaJ-D19.pdf>
- Méndez-López, A., Sánchez-Vega, M., Torres, J. C. S., Yudith, S. y Martínez-Amador, A. I. (2019). El cultivo de huitlacoche: alimento nutritivo y sustentable. En E. Loera-Alvarado, N. Gómez-Domínguez y C. Granados-Echegoyen. (Eds.), *Ciencias agronómicas aplicadas y biotecnología* (pp. 9-12). México. https://www.researchgate.net/profile/Alonso_Mendez-Lopez/publication/338677620_

- Morales, R. N., Leyva, O. R., Carlos, R., Llarena, R. C. y Núñez, R. (2020). Prueba de Compatibilidad en aislamientos silvestres de *Ustilago maydis* para la producción de huitlacoche en zonas tropicales. En *20 Años de Tecnología e Innovación Sustentable* (pp. 74-82). Red Iberoamericana de Academias de Investigación. https://www.researchgate.net/profile/Maria_Castaneda-Chavez/publication/340916166
- Noyola L. (2018). Lo mejor de dos reinos: la ciencia aplicada al huitlacoche. Entrevista con Daniel Martínez Carrera. *Elementos*, 110, 23-32. <http://www.elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000000394.pdf>
- Pérez, A., Meneses, M. E., García, D., Torres y Torres, N., Ávila, A., Sánchez, M. et al. (2019). *Aportación de los ingredientes nativos de Mesoamérica en la regulación de los parámetros del síndrome metabólico* (2ª. ed.). Universidad Autónoma de Chiapas.
- Pope, D. D. (1992). Production of huitlacoche-the corn smut delicacy. [conferencia en papel]. *Proceeding of the VIIIth Biennial Workshop on the smut fungi*. University of Georgia, USA.
- Prado, D. (2018). *El huitlacoche solo se produce y consume en México, es el reflejo de nuestra identidad cultural*. MXCity. <https://mxcity.mx/2018/05/huitlacochemexico/>
- Rodríguez-Flores, E., Cifuentes-Blanco, J., Arreguín-Espinosa, R. y Rodríguez-Bustamante, E. (2021). La inclusión del huitlacoche, plaga para algunos y alimento para otros, en la biodiversidad y la soberanía alimentaria de México. En T. M. González y V. Ávila. (Eds.), *Biodiversidad y soberanías alimentarias en América Latina* (pp. 61-71). Universidad Autónoma del Estado de México.
- Ruiz, J. (2008). *Ustilago maydis*: ascenso de un hongo mexicano de la gastronomía local al mundo científico. *Nova Scientia*, 1(1), 118-135. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=203315665007>
- Salazar, J. M., Martínez, M. C., Reynoso, R., Chávez, R., Sandoval, M. L. y Guevara, F. (2017). Capacidad antioxidante y caracterización fitoquímica de extractos etanólicos de huitlacoche (*Ustilago maydis*-*Zea mays*) crudo y cocido. *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, 48(3), 37-47. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57956616005>
- Salazar, J. M. (2013). *Efecto del huitlacoche (Ustilago maydis-Zea mays) sobre indicadores de glicemia y lipidemia en ratas diabéticas* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Aguascalientes]. Repositorio UAA. <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/945>
- Sampayo, L. (2015). *Extracción por agotamiento de los productos naturales del hongo huitlacoche (Ustilago maydis)* [Tesis de licenciatura, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla]. Repositorio BUAP. <http://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/6135>

- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). *El huitlacoche, un hongo parásito muy productivo*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/el-huitlacoche-un-hongo-parasito-muy-productivo>
- Villanueva, V. C., Sánchez, E. y Villanueva, E. (2007). *El huitlacoche y su cultivo*. Ed. Mundi Prensa.

Capítulo



Jacubes

(*Acanthocereus tetragonus*)

Ana Lucía Segura Fuentes¹

Introducción

En la diversidad ecológica de Tamaulipas, un estado ubicado en el noreste de México, destaca el *Acanthocereus tetragonus*, conocido localmente como jacube. Este cactus sobresale por su excepcional adaptación y resiliencia ecológica en ambientes áridos y semiáridos. Tiene una estructura columnar y puede alcanzar alturas considerables. Además, está marcado por costillas longitudinales prominentes con espinas puntiagudas. Estas características son clave para su supervivencia en el clima extremo de Tamaulipas, el cual se caracteriza por variaciones térmicas extremas y escasez de precipitaciones (Schwertner-Charão et al., 2022).

El jacube juega un papel vital en su ecosistema, especialmente durante la noche, cuando sus grandes flores blancas se abren. Este fenómeno proporciona un espectáculo visualmente atractivo y es crucial para la polinización realizada por diversas especies nocturnas. Además, estas flores dan paso a frutos comestibles, que son recursos alimentarios importantes para la fauna local y las comunidades humanas cercanas (Cornejo-Campos et al., 2022).

Por lo tanto, la presencia de *Acanthocereus tetragonus* en Tamaulipas contribuye a la estética del paisaje y ejemplifica la interacción dinámica entre las especies nativas y su entorno. Sin embargo, dentro de su historia existe una adaptación biológica y ecológica, reflejando los elementos clave de la biodiversidad y la resiliencia en este vibrante estado mexicano (Schwertner-Charão et al., 2022). Con ello, el jacube se convierte en un símbolo de adaptación y belleza en el variado tapiz natural de Tamaulipas.

El jacube es una cactácea adaptada para climas semidesérticos. No solo es parte del ecosistema de Tamaulipas, sino que también forma parte de la dieta y la gastronomía de la región. El presente capítulo aborda el jacube y se estructura de la siguiente manera: primero se describe esta cactácea, luego se analiza su taxonomía y sus características morfológicas.

¹Unidad Académica de Trabajo Social y Ciencias para el Desarrollo Humano, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Victoria S/N C.P. 87149, Ciudad Victoria, Tamaulipas.

A continuación, se aborda su importancia y comercialización, enseguida se revisan sus propiedades nutritivas y su papel como alimento, para finalizar con las perspectivas de sus productos derivados.

3.1. Descripción general del jacube

El jacube, cuyo nombre científico es *Acanthocereus tetragonus*, es conocido por varios nombres vernáculos: nun tsutsuy, jacobito, pitahaya morada, pitahaya naranja, pitaya, cruceta, cola de lagarto, nopal estrella y benjunco (Álvarez, 2021). Su periodo vegetativo comienza entre diciembre y enero, con los tallos alcanzando la madurez para consumo de tres a cuatro semanas después del brote inicial de la yema vegetativa. En ejemplares que no se riegan artificialmente, la producción más abundante se da entre marzo y abril (Juárez-Cruz et al., 2012). Sin embargo, con un riego mensual y podas semestrales, la planta puede producir tallos aprovechables durante todo el año, la floración se da principalmente de mayo a julio, aunque puede comenzar en abril y extenderse hasta agosto, observándose un segundo periodo breve de floración de octubre a diciembre; mientras que la fructificación comienza a finales de junio y concluye a mediados de septiembre.

Por lo tanto, el desarrollo del jacube se produce en algunas zonas costeras de Baja California, así como en zonas semidesérticas de Chihuahua, empero, se reconoce que es la zona del golfo (San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz) donde es más común y, por tanto, su consumo es parte de la dieta de los habitantes de dichas zonas (Flores, 2022).

3.2. Taxonomía del jacube

El jacube es una especie que por su importancia cultural y ecológica representa un vínculo entre la biodiversidad y la gastronomía mexicana. Este cactus, además de poseer características morfológicas únicas y una capacidad para adaptarse a condiciones extremas, destaca como un vínculo entre la biodiversidad del país y su tradición gastronómica. Por ello, el jacube ha sido utilizado en prácticas culinarias y medicinales.

La clasificación original de la especie como *Cactus tetragonus* fue realizada por Carl Linnaeus y registrada en su obra *Species Plantarum* 1: 466 en 1753. Actualmente, este nombre es tanto un sinónimo como el basónimo de la especie. Posteriormente, Pieter Wagenaar Hummelinck reasignó la especie al género *Acanthocereus*, y el cambio fue documentado en la revista *Succulenta* de los Países Bajos (Anderson, 2001).

En México, las cactáceas representan un grupo ecológico, social y económico significativo, con 670 especies, de las cuales el 77 % son endémicas (De-Nova et al., 2019). Esta familia de plantas es crucial en ecosistemas áridos y semiáridos de las Américas, proporcionando alimento a diversas especies animales del desierto. Históricamente, han sido esenciales en la vida de las culturas prehispánicas como los aztecas y mayas, utilizándose en alimentación, ceremonias espirituales, medicina y ornamentación. La familia Cactaceae se destaca como la segunda más diversa en las Américas, solo superada por las Bromeliaceae, mostrando una amplia variedad en tamaños y formas (Schwertner-Charão et al., 2022).

En síntesis, la Tabla 1 presenta la clasificación del jacube, siendo parte del reino de las plantas, y al ser parte de la familia de los cactus, su desarrollo ha sido significativo en la región árida del cuarto distrito del estado de Tamaulipas (Jaumave, Tula, Miquihuana y San Nicolás) (Anderson, 2001).

Tabla 1. Clasificación del jacube

Clasificación taxonómica	Descriptor	Detalles
Reino	Plantae	Plantas
División	Magnoliophyta	Plantas con flor
Clase	Magnoliopsida	Dicotiledóneas
Orden	Caryophyllales	-----
Familia	Cactaceae	Cactus
Tribu	Pachycereae	-----
Género	<i>Acanthocereus</i>	-----
Especie	<i>Acanthocereus tetragonus</i>	-----

Fuente: Anderson (2001).

Las cactáceas se han adaptado de manera excepcional a las condiciones extremas de los desiertos mediante modificaciones evolutivas (Córdoba-Laguna et al., 2000; Schwertner-Charão et al., 2022). Estas incluyen el desarrollo de tejidos especializados para almacenar agua, la transformación de las hojas en espinas para reducir la pérdida de agua y ahuyentar a los herbívoros, así como la adaptación de sus tallos para realizar la fotosíntesis. Además, tienen una cutícula gruesa que los protege de la intensa radiación solar y minimiza la pérdida de agua. Sus raíces, ya sean grandes y tuberosas o superficiales y extensas, capturan con eficiencia el agua de las lluvias esporádicas del desierto. Estas características convierten a los cactus en plantas altamente especializadas y resilientes a los entornos desérticos (Chavez-Morales, 2021).

El término *Acanthocereus* se deriva del griego, donde *akantha* significa espinoso y *cereus* se traduce como vela o cirio, haciendo alusión a su característica forma columnar y espinosa. Por otro lado, el adjetivo *tetragonus*, un epíteto en latín significa con *cuatro ángulos*, refiriéndose a la sección transversal del cactus.

3.3. Características morfológicas

Los jacubes, al pertenecer a una familia de plantas originarias de los cactus, conforman un conjunto monofilético, lo que significa que todos derivan de un ancestro común único y comparten rasgos genéticos y morfológicos característicos de toda la familia cactácea. Esta especie es representativa de este grupo de plantas. Se distingue por su areola, una yema axilar especializada de la que emergen espinas, flores, frutos y nuevas ramas (Figura 1). Este rasgo es producto de la evolución, donde las hojas se transformaron en espinas durante al menos dos millones de años. Las flores de los cactus suelen ser grandes, brillantes y efímeras, con tépalos que borran la distinción entre sépalos y pétalos. Estas plantas son fundamentales para los ecosistemas donde habitan y representan un valioso legado natural y cultural (Anderson, 2001; Juárez-Cruz et al., 2012).

Este cactus, que pertenece a la subfamilia Cactoideae, exhibe características trepadoras, columnares y arbustivas. Suele presentarse en forma erecta o curvada y puede alcanzar hasta 7 metros de longitud, aunque lo más habitual es que oscile entre 2 y 3 metros. Tiende a formar matorrales con múltiples tallos, cada uno posee entre 3 a 5 costillas longitudinales, espinas grises aciculares y no presenta hojas visibles. Con el tiempo, los tallos maduros se vuelven cilíndricos, alcanzando hasta 5 cm y las areolas, separadas por 3 a 5 cm, comienzan con 6 a 7 espinas radiales de 1 a 4 cm y una espina central solitaria más larga.

Las flores de este cactus, conocidas como flores del jacube, poseen un exterior verde claro con adornos de lana marrón y un interior de color crema púrpura, estas flores emergen al final del verano y solo se abren durante la noche. Asimismo, dentro de estas características, el cactus también produce frutos comestibles y elongados que maduran a un color rojo o púrpura, midiendo aproximadamente 10 cm de largo por 5 cm de ancho. Estos frutos presentan areolas circulares con puntas de 2 a 5 mm de longitud y contienen numerosas semillas negras y brillantes (Cornejo-Campos et al., 2022).

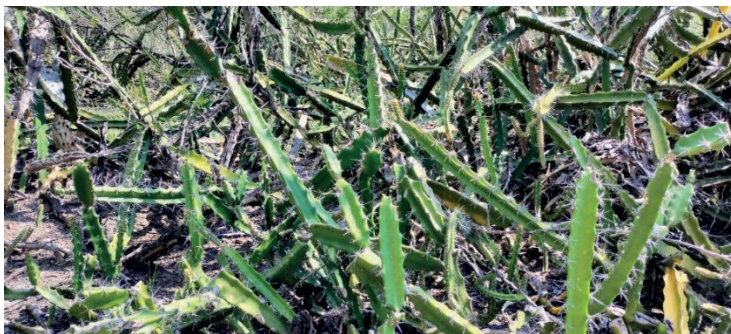


Figura 1. Cactus jacube

Fuente: Martínez (2023).

3.4. Importancia socioeconómica del jacube y su comercialización

El jacube, presente en los estados mexicanos de San Luis Potosí, Tamaulipas y Veracruz, es un cactus valorado en la gastronomía regional por sus tallos jóvenes, consumidos bajo los nombres tradicionales de cruzeta o jacube (Flores-Zequera, 2022). El *Acanthocereus tetragonus*, que se erige como una columna vegetal, se encuentra en las zonas costeras del continente americano, donde las condiciones climáticas son cálidas, subhúmedas y semiáridas. Este cactus se cosecha de manera tradicional en su estado silvestre, y sus tallos jóvenes se comercializan en los mercados locales y en áreas urbanas. En Veracruz se valoran como una alternativa alimenticia en comunidades remotas y se venden a precios accesibles de 1 dólar o 20 pesos mexicanos por cada 150 gramos de tallos frescos y picados (Álvarez, 2021).

Los tallos tiernos de *A. tetragonus* no solo se destacan por ser económicos, también por su valor nutricional. Estos tallos son ricos en proteínas, fibra, y un amplio espectro de minerales esenciales, incluyendo fósforo, potasio, magnesio, sodio y cobre, siendo especialmente notables por su alto contenido de calcio. Sin embargo, a pesar de su relevancia dietética, falta información detallada sobre su perfil fitoquímico, tanto en su estado crudo como cocido, y sobre cómo contribuye con metabolitos funcionales a la dieta humana.

3.5. Composición química del jacube

En ciertas comunidades de México, es valorado como una alternativa nutricional. Estudios previos han demostrado que sus tallos jóvenes son una fuente rica en proteínas, fibras y minerales esenciales (Córdoba-Laguna et al., 2000; De Araujo et al., 2021). Dicho estudio analizó el perfil fitoquímico de *A. tetragonus*, particularmente su contenido fenólico total (TPC) y su actividad antioxidante en

muestras tanto crudas como cocidas, para evaluar su contribución de metabolitos funcionales a la dieta humana. Se utilizó la técnica de cromatografía líquida de ultra alto rendimiento con espectrometría de masas de alta resolución (UHPLC-PDA-HESI-Orbitrap-MS/MS) para analizar los ácidos carboxílicos (como ácido treónico, cítrico y málico), ácidos fenólicos y flavonoides glicosilados (ejemplo, luteolina-O-rutinosido). El TPC y la actividad antioxidante se midieron utilizando el método de Folin-Ciocalteu y el ensayo de inhibición del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), respectivamente. Ambos, el TPC y la actividad antioxidante, mostraron una disminución significativa en las muestras cocidas. Sin embargo, algunos metabolitos permanecieron intactos después de la cocción, indicando que *A. tetragonus* es una fuente importante de metabolitos funcionales para quienes lo consumen regularmente en su dieta. Bajo las condiciones experimentales, se identificaron alrededor de 35 metabolitos diferentes, con 16 presentes solo en muestras cocidas, 6 exclusivamente en crudas y 9 en ambas.

3.6. Propiedades terapéuticas y nutritivas del jacube

El jacube destaca por sus beneficios terapéuticos y nutricionales, incluyendo un alto contenido de fibra, tanto soluble como insoluble, y una variedad de minerales esenciales para la salud humana, como calcio, magnesio y hierro (Juárez-Cruz et al., 2012). Esta especie resiste sequía y ofrece nutrientes beneficiosos para la salud. Sus tallos son ricos en humedad, proteínas, fibra y minerales esenciales, como el fósforo (P), potasio (K), manganeso (Mn), sodio (Na) y cobre (Cu). Estas cualidades nutricionales respaldan su uso y cultivo, además de incentivar investigaciones futuras sobre esta especie.

El magnesio es importante para la salud de los huesos y tejidos, ya que su deficiencia puede provocar irritabilidad neurológica. El manganeso es esencial para el fortalecimiento óseo, participa como cofactor enzimático en el metabolismo de aminoácidos, lípidos y carbohidratos. El calcio y el fósforo constituyen tres cuartas partes de los minerales en el cuerpo humano y juegan un papel fundamental en la formación de huesos. A pesar de los estudios comparativos realizados entre el jacube y los nopales, aún es necesario investigar más sobre la biodisponibilidad de estos nutrientes y cómo son aprovechados por el cuerpo humano, en particular cuando se encuentran en forma de cristales de oxalato de calcio.

Otro estudio evaluó el impacto del proceso de cocción en el perfil de metabolitos de *A. tetragonus*, encontrando que, aunque la cocción reduce el contenido total de fenoles y la actividad antioxidante, algunos metabolitos funcionales permanecen intactos, lo que sugiere que el jacube sigue siendo una fuente valiosa de compuestos funcionales, incluso después de ser cocinado (Cornejo-Campos et al., 2022).

El jacube tiene un alto potencial prebiótico y podría utilizarse en el tratamiento del síndrome metabólico, proporcionando importantes beneficios para la salud humana. Se ha documentado que tiene propiedades medicinales, destacando su aplicación potencial en el manejo de la diabetes (Flores, 2022). Asimismo, se han identificado otros usos terapéuticos, como el empleo de sus tallos tiernos para tratar el estreñimiento y de los tallos cocidos para aliviar síntomas asociados a quemaduras. Por lo tanto, su uso potencial podría extenderse al desarrollo de nuevos productos, más allá de su papel en la gastronomía local (Casanova-Pérez et al., 2024).

3.6.1. Usos en la gastronomía mexicana

El jacube, al igual que otras cactáceas tales como los nopales y sus frutos, como las pitayas y las tunas, forman parte de la gastronomía de México, en particular dentro de la de Tamaulipas (Ramos-Aguirre, 2000). Se consume tanto crudo como cocido y se incorpora en diversas viandas, desde ensaladas hasta guisos y platillos típicos. A diferencia de los nopales, los jacubes liberan menos mucílago, por lo que su consistencia es menos viscosa.

En su preparación culinaria, los tallos tiernos se desespinan y se pelan antes de cocinarlos para evitar un sabor amargo. Pueden hervirse con un poco de sal o consumirse en su estado natural. Entre los platillos donde se incorporan destacan los guisados con carne, como el cortadillo, o salsa verde y roja con jacubes. También en ensaladas con lechuga y tomate, como parte de un guacamole o en desayunos con huevos guisados (Schwertner-Charão 2022).

3.7. El jacube como alimento funcional

El jacube no solo es valorado por sus usos culinarios, también por sus aplicaciones medicinales y ornamentales. Entre sus beneficios está la capacidad de regular los niveles de glucosa y colesterol en la sangre. Sin embargo, no sustituye tratamientos médicos esenciales, como la insulina. (Flores, 2022).

Los alimentos y fármacos comparten una raíz común, tal como lo sugirió Hipócrates hace 2 500 años con su famosa frase: “Que tu alimento sea tu medicina, y que tu medicina sea tu alimento”. Si bien esta idea no fue la precursora directa de los alimentos funcionales, sí contribuye a su definición actual; comestibles que, aparte de ofrecer nutrición fundamental, brindan beneficios adicionales para la salud humana, efectos que han sido validados científicamente. El jacube, frecuentemente comparado con los nopales, ofrece un perfil nutricional similar rico en calcio, fibra, vitaminas y minerales. Se ha demostrado que este alimento beneficia el metabolismo lipídico, ayuda en el manejo de la diabetes y el síndrome metabólico, y mejora la salud del microbiota intestinal. Además, posee una

capacidad antioxidante significativa (Cornejo-Campos et al., 2022). Por lo tanto, si se considera su alto contenido de fibra, el jacube constituye un efecto positivo en el tratamiento de trastornos digestivos, al ser utilizado como alimento funcional. Por ende, su valioso perfil nutricional y su potente acción antioxidante atribuida a los flavonoides, merece ser revalorizado y considerado en el mercado como un suplemento antioxidante, respaldado por evidencias fiables que subrayen los beneficios de su ingesta (Casanova-Pérez et al., 2024).

3.8. Perspectivas de innovación en productos derivados del jacube

En la actualidad, la demanda de productos naturales de calidad es cada vez mayor en la sociedad. Esta demanda está relacionada con la necesidad de alimentos naturales que apoyen los tratamientos de enfermedades comunes, como la diabetes. El jacube emerge como un alimento de la familia de las cactáceas con características muy similares a las del nopal, por lo que su potencial para desarrollar y producir nuevos productos derivados de sus tallos, hojas y frutos, pueden ser altas. Sin embargo, a diferencia del nopal, este no se cultiva en muchas zonas del país, y, por tanto, su utilización, consumo e interés, aún es bajo. Por lo anterior, y considerando otras plantas de la cactácea, se pueden identificar distintos productos del jacube, como la utilización de sus tallos maduros y picados para usarlos como forraje para ganado, el aprovechamiento de su fruto, aunque aunque no es tan jugoso como la tuna o la pitaya, puede licuarse para elaborar aguas frescas, o congelarse para elaborar paletas heladas (Álvarez, E. 2021).

Conclusiones

El *Acanthocereus tetragonus*, más conocido como jacube en la región de Tamaulipas, México, destaca no solo por su capacidad de adaptación a las difíciles condiciones climáticas del área, sino también por su importante rol dentro del ecosistema y su contribución a la biodiversidad local. Este cactus, que se eleva con una imponente estructura columnar espinosa, es fundamental para la polinización nocturna, la dieta de la fauna y las comunidades rurales, proporcionando frutos comestibles llenos de nutrientes.

En el ámbito culinario, es valorado por sus tallos jóvenes, que se integran en diversos platillos tradicionales de la gastronomía mexicana. Asimismo como su perfil nutricional, rico en fibras, proteínas y minerales esenciales, y su potencial terapéutico, destacando por su capacidad antioxidante debido a los flavonoides, abren la puerta a su revalorización como un alimento funcional. Esta composición influye en las propiedades benéficas que tiene su consumo, lo que hace que forme

parte de la dieta en comunidades rurales, no obstante, el desarrollo de productos alimentarios es limitado, lo que influye en que sea poco consumido y comercializado.

Con su papel en la medicina tradicional y su potencial prebiótico, el jacube se perfila como un candidato prometedor para terapias nutricionales y para el manejo del síndrome metabólico, ya que, en vista de sus atributos nutricionales y terapéuticos, merece una mayor atención como un componente alimentario funcional que podría enriquecer las dietas y apoyar la salud de las poblaciones, tanto en México como en otras partes del mundo. Aunque su perfil fitoquímico aún requiere más investigación, los datos actuales sobre su composición y beneficios respaldan su inclusión como un alimento que aporta más que solo sustento. Este es uno de los retos para aprovechar mejor este alimento autóctono.

Referencias

- Álvarez, E. (2021). ¿Conoces los jacubes? Te decimos qué son. *Milenio*. <https://www.milenio.com/virales/curiosidades/jacubes-o-crucetas-te-decimos-que-son-y-como-se-usan>
- Anderson, E. F. (2001). *The Cactus Family*. Timber Press, Inc.
- Córdoba, M., Hernández, M. M. y Sánchez, E. (2000). Contribución al conocimiento de *Acanthocereus tetragonus* (Linnaeus) Hummelinck de la Sierra Gorda queretana. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas*, 45(2), 34-39.
- Cornejo-Campos, J., Gomez-Aguirre, Y., Velazquez-Martinez, J., Ramos-Herrera, O., Chavez-Murillo, C., Cruz-Sosa, F. et al. (2022). Impact of the Cooking Process on Metabolite Profiling of *Acanthocereus tetragonus*, a Plant Traditionally Consumed in Mexico. *Molecules*, 27(12), 3707. <https://doi.org/10.3390/molecules27123707>
- De Araujo, F. F., Farias, D. de P., Neri-Numa, I. A. y Pastore, G. M. (2021). Underutilized plants of the Cactaceae family: Nutritional aspects and technological applications. *Food Chemistry*, 362(noviembre), 130196. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130196>
- De-Nova, J. A., González-Trujillo, R., Castillo-Lara, P., Fortanelli-Martínez, J., Mora-Olivo, A. y Salinas-Rodríguez, M. M. (2019). Inventario florístico de la Reserva de la Biosfera Sierra del Abra Tanchipa, San Luis Potosí, México. *Botanical Sciences*, 97(4), 761-788. <https://doi.org/10.17129/botsci.2285>
- Flores, K. (2022). Crucetas, las cactáceas comestibles que ayudan a la salud. *El Universal*. <https://www.eluniversal.com.mx/menu/crucetas-las-cactaceas-comestibles-que-traen-beneficios-tu-salud/>
- Jiménez, C. L. (2011). Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. *Revista Digital Universitaria*, 12(1), 3-22.
- Juárez-Cruz, A., Livera-Muñoz, M., Sosa-Montes, E., Goytia-Jiménez, Ma. A., González-Hernández, V. A. y Bárcena-Gama, R. (2012). Composición química de tallos inmaduros de *Acanthocereus* spp. e *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 35(2), 171-175.
- Ramos, F. (2000). *Viejos sabores de Tamaulipas*. CONACULTA.
- Schwertner-Charão, L., Treviño-Carreón, J. y Delgado, R. (2022). Las fascinantes adaptaciones de las cactáceas y su historia evolutiva. *CIENCIA ergo sum*, 30(2), e202. <https://doi.org/10.30878/ces.v30n2a9>
- Chávez, G. A. (2021). Los janambres de Tamaulipas. *Revista Chicomoztoc*, 3(6), 14-14. <https://doi.org/10.48705/CHZTK.V3I6.1024>
- Casanova-Pérez, L., Cruz-Bautista, P., San Juan-Martínez, A., García-Alonso, F. y Barrios, F. (2024). Underutilized food plants and their potential contribution to food security: lessons learned from the local context. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 48(9), 1265-1288. <https://doi.org/10.1080/21683565.2024.2388687>

Capítulo VI



Nopal

(*Opuntia ficus-indica*)

Cristian Edwin Cervantes Hernández¹

Héctor Abraham Hernández Olvera¹

Juan Francisco Castañón Rodríguez¹

Introducción

La *Opuntia* spp. popularmente conocida como nopal, forma parte de la familia de las cactáceas que predominan en las regiones áridas y semiáridas del territorio mexicano. Cuenta con una presencia importante al encontrarse en el continente americano y otras regiones del mundo. El nopal o nopalito, como también se le conoce, destaca como alimento nutritivo de calidad, producto con fines terapéuticos y como forraje en zonas áridas. En los últimos años, se han detallado numerosas propiedades funcionales -al contener fibra dietética y pectina- y terapéuticas en el manejo de la diabetes, reducción de las concentraciones séricas de triglicéridos y colesterol, manejo del estreñimiento, actividades antivirales, antioxidantes y anticancerígenas, lo que justifica su utilización como panacea milenaria en la medicina tradicional.

En la medicina alternativa se producen pastillas, polvos y comprimidos. Sin embargo, sus beneficios, componentes fitoquímicos y procesos necesitan de una mayor investigación. El nopal puede pasar por una serie de técnicas que permiten generar productos comerciales o complementos para aumentar el nivel nutricional de otros alimentos.

En este capítulo se desarrolló una investigación documental relacionada con el nopal, en donde se plantean sus múltiples beneficios, versatilidad para ser preparado y nociones sobre el desarrollo de nuevos productos utilizando tecnologías de procesamiento y conservación que lo hacen apto para ser comercializado como alimento funcional.

¹ Unidad Académica de Trabajo Social y Ciencias para el Desarrollo Humano, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Centro Universitario Victoria S/N C.P. 87149, Ciudad Victoria, Tamaulipas.

4.1. Descripción general

A lo largo de la historia de la humanidad el interés por los nopales se ha visualizado en las antiguas y milenarias poblaciones de la región mesoamericana, con especial énfasis en los grupos mexicas. Estos grupos lo usaban en el tratamiento de la fiebre, la cicatrización de labios agrietados, control de la diarrea, tratamiento de infecciones, compresas para el alivio de inflamaciones y en la cura de afecciones abdominales. Se aprovechaban todas sus presentaciones: jugo, mucílago, pulpa, pinchos, pencas y raíces.

En 1700, Tournefort estableció el nombre científico de *Opuntia*, el cual fue otorgado debido a una planta que tenía características similares en una población llamada Opus en Grecia. En México, es un vegetal muy conocido en la región y un destacado símbolo para la población del país, a la par de plantas como el maíz y el maguey. El nopal destaca por sus diferentes usos, siendo sustento de pueblos en territorios áridos del centro y norte de México. Hoy en día, como en la Antigüedad, se le atribuyen propiedades medicinales, como bebida y fuente de pigmentos (Sáenz, 2006).

La *Opuntia* tiene un importante antecedente en la historia de México, ya que en el escudo nacional se destaca la representación de un águila que se encuentra posada en un nopal. Esta representación ha llegado hasta nuestros días gracias a las personificaciones talladas en piedra de la ciudad de los náhuatl, Tenochtitlan y capital de los aztecas, en donde actualmente se encuentra la Ciudad de México. Su significado se define como aquel lugar en el que el nopal crece sobre la piedra (Alimentación Sana, 2001).

En los estados de Tamaulipas y Puebla se ha encontrado evidencia sobre su utilización. Los trabajos arqueológicos han identificado semillas y pencas de nopales fosilizados y cáscaras de aproximadamente siete milenios de antigüedad. Estos antecedentes realzan la importancia que tiene este alimento para la población. Sus propiedades son objeto de investigación para el desarrollo y creación de productos que contribuyan al bienestar de las personas. También se han explorado tecnologías para obtener los compuestos activos de esta verdura, que poseen propiedades funcionales (FAO, 2006).

4.2. Taxonomía

El nopal forma parte de la familia de las Cactaceae. Existen múltiples razones que establecen una complejidad en su taxonomía, esto se debe a que sus fenotipos exponen una amplia gama que varía de acuerdo con las condiciones del ambiente y suelo como se ilustra en la Figura 1. En ella se menciona que existen más de 300 especies de nopal, con una distribución del 45 % en territorio mexicano y se puede

cosechar en zonas desérticas y semidesérticas, siendo las especies *duraznilla*, *Opuntia* sp. y *cardón* las más consumidas en el país (Pacheco, 2015).



Figura 1. Especificación general del nopal

Fuente: Pacheco (2015).

El nopal es originario de México y tiene una importante presencia en el territorio. Se han encontrado más de 100 especies, sobre todo en hábitats silvestres, siendo 60 de estas propias de la región (Pacheco, 2015); su taxonomía se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del nopal

Reino	Vegetal
Subreino	Embryophyta
División	Angioserma
Clase	Dicotiledoneae
Subclase	Dialipetalas
Familia	Cactaceae
Tribu	Opuntiae
Subfamilia	Cactaceae
Género	<i>Opuntia</i>
Subgénero	<i>Platyopuntia</i>
Especie	Varios nombres (<i>ficus</i> en este capítulo)

Fuente: Hernández (2013).

Son 28 las especies que se encuentran dentro del subgénero *Platyopuntia*, en el que se agrupan las especie del género *Opuntia*, caracterizado por sus tallos aplanados. El nopal cardón (*Opuntia streptacantha*) destaca porque sus plantas son arborescentes, de color verde, con espinas blancas de tonalidad ligeramente amarilla. Sus flores grandes y pueden ser amarillas o anaranjadas. Los frutos son carnosos y comestibles (Hernández, 2013).

López et al. (2015) evaluaron 14 variables morfológicas inmaduras y maduras de mayor tamaño en grupos de *Opuntia atropes* del estado de Michoacán, y encontraron que la domesticación de esta variedad de nopal está en proceso de evolución. Los nopales cultivados presentaron cladodios inmaduros y maduros de mayor tamaño, con más areolas e hileras de areolas, con menos espinas y glóquidas. Esto indica que la especie ha pasado por múltiples procesos de adaptación debido a la divergencia morfológica entre plantas manejadas y silvestres, lo que facilita su propagación en distintos climas.

4.3. Características morfológicas

El nopal se puede encontrar en sitios donde existen pocos recursos hídricos y climas extremos. Una de las principales peculiaridades es la acumulación de agua en lapsos pequeños y una cutícula grande que impide la evaporación y transpiración. El metabolismo ácido crasuláceo realiza un procedimiento fotosintético a través del cual las estomas se encuentran bloqueadas en el transcurso del día y libres a lo largo de la noche, impidiendo que el agua se pierda por transpiración. De acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat, 2007), la estructura del nopal es la siguiente:

Las raíces de esta planta son perennes, amplias y superficiales. Otras raíces complementarias poseen pelos que tienen la capacidad de absorber, considerando que su presencia está restringida a la temporada de precipitaciones. Los tallos que presentan artículos lisos se nombran cladodios, pueden ser blandos, suculentos y limitadamente lignificados. Las flores tienen abundantes pétalos, están abiertas durante el día, aisladas, sentadas, brotan en la parte baja de los árboles que se desempeñan indiferentemente como yemas florales o vegetales, colores vivos. Posterior a la apertura de la flor, se inicia la vida de la fruta en un par de días, la cual es una baya ovalada, esférica, de múltiples tonalidades, umbilicada en la parte superior, sus semillas son de una pigmentación variable con un largo que va de los 0.5 hasta 5 mm, es ovalada y de aspecto de riñón. La testa es amarilla, marrón o negruzco, particularmente dura, brillante o mate y está contorneada por un aro nívoo, ancho y pétreo.

Las espinas o púas aparecen de un extremo de la raíz de la areola y en la zona superior se originan las flores. En la *Opuntia* existe un par de tipos de espinas: las que resultan persistentes, parcialmente finas y punzantes, y aquellas llamadas gloquidas o “aguates”, que son pequeñas, abundantes, deciduas y barbadas (Méndez, 2014). El nopal *Opuntia ficus-indica* casi no presenta púas, es una planta que tiene forma de árbol, con un tamaño entre los 3 a 5 m, su cuerpo es leñoso y tiene un grosor de 20 a 50 cm. Las pencas alargadas van de los 30 a 60 centímetros de largo por 20 a 40 centímetros de ancho y de 2 a 3 cm de espesor. Las ramas se encuentran conformadas por pencas con una pigmentación verdoso opaco con areolas que incluye espinas abundantes, amarillentas y genera flores de un tamaño que va de los 7 a 10 cm de largo, su fruta es ovalada de 5 a 10 cm de largo por 4 a 8 cm de espesor y su tonalidad es amarillenta, rojiza, naranja o púrpura. Suele tener una abundante pulpa carnosa y dulce (Hernández, 2013).

4.4. Variedades del nopal

En la familia Cactaceae, el nopal reúne entre 150 y 180 especies, incluyendo variedades de frutos y tallos comestibles distribuidas en todo el país. Entre las variedades más importantes se encuentran: *Opuntia ficus-indica*, *O. amyclaea*, *O. xoconostle*, *O. megacantha* y *O. streptacantha*; y ciertas especies silvestres, como *Opuntia hyptiacantha* y *O. leucotricha*. De estas, solo *Opuntia ficus-indica* se ha cultivado en algunas regiones a nivel mundial. Dentro de los grupos cultivables para tunal, verdura o forraje en el centro y norte del país, se puede mencionar: *O. ficus-indica*, *O. durangensis* y *O. robusta*. En las cuales, *O. durangensis* se cultiva en la región central y sur de la zona desértica de Chihuahua, en tanto que *O. robusta* puede cultivarse en todo México, especialmente por sus frutos de gran tamaño o con fines decorativos (Torres et al., 2015).

El género *Opuntia* desarrolla hojas transformadas en espinas, una característica común en las cactáceas. Las especies de *Opuntia* spp. aprovechadas de forma comercial se diferencian por el aspecto de sus cladodios, que presenten o no espinas, así como por el volumen y color de sus frutos (Torres et al., 2015).

De acuerdo con Gallegos y Méndez (2000), en México se han identificado 23 variedades comestibles de nopal fruta, agrupadas en blancas, púrpuras, rojas, anaranjadas y amarillas. Sin embargo, las 45 mil hectáreas cosechadas son de una sola variedad, que es la quinta fruta más consumida en el país. Mientras que el nopal verdura es la undécima hortaliza más consumida, se han identificado menos de 20 variedades comestibles, organizadas según el manejo de las gloquídeas en la cosecha y poscosecha. El nopal verdura, a su vez, se clasifica en nopal de primera (cladodio tierno/tallo joven, verde brillante, de 10 a 15 cm de longitud, 5 a 7 cm de anchura, hasta 0.5 cm de grosor y 40 a 50 g de peso) y nopal grande (cladodio semi

adulto, de color verde brillante, con 20 cm de anchura, 0.7 cm de grosor, 15 a 25 cm de altura y un peso aproximado de 100 g), lo que determina su mercado potencial (Cruz y Miranda, 2022).

4.5. Valor económico-social del nopal y comercialización

El nopal forma parte de una de las piezas de mayor importancia y sentido cultural en México. Se han encontrado manuscritos, lienzos y literatura de antaño que muestran su utilidad en las culturas ancestrales. Actualmente, el nopal ha ganado interés económico debido al aumento de los mercados a nivel global, gracias a sus características, que lo hacen más atractivo para fabricantes, productores, el sector manufacturero y compradores (Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios [ASERCA], 2001). Además, diversos estudios han demostrado los beneficios nutrimentales de los nopales (Maki, 2014).

Uno de los lugares donde se comercializa el nopal fresco y donde se le dejan las espinas para que su vida útil no se vea reducida, es en el mercado de abastos ubicado en la alcaldía Iztapalapa, de la Ciudad de México, donde se realiza la venta de casi el 70 % del producto en el país. Para ello, se empaqueta en diferentes contenedores como cajas de madera, plástico y cartón, lo que permite su traslado hacia los distintos puntos de venta: supermercados, tiendas y tianguis, lo que facilita su adquisición, preparación y consumo (Maki, 2014).

Sin embargo, muchos agricultores enfrentan problemas para realizar los procesos adecuados en la comercialización del nopal debido a la limitada infraestructura con la que cuentan, lo que provoca que la venta se haga principalmente en su forma fresca y directamente al comprador (Gómez, 2004). Fuera de México, Estados Unidos es el principal comprador, con ventas estimadas en 1 527 toneladas en su forma fresca y 3 500 toneladas en otras presentaciones, ya que este país tiene una importante población de origen mexicano. La demanda de nopalitos en establecimientos nacionales se concentra principalmente en el centro del país y disminuye en los estados del norte de México, y es aun menor en las regiones costeras y tropicales (Muciño, 2014).

4.6. Composición química

Existen múltiples razones que influyen en la variación de la composición química del nopal: temporada del año, humedad y tiempo del tallo. Este alimento está conformado por 90-95 % de agua, contiene micronutrientes esenciales para el cuerpo humano, entre ellos el calcio, potasio, magnesio, silicio, sodio y en menor proporción hierro, aluminio y magnesio (véase Tabla 2 que incluye todos los

componentes). A su vez, aporta cantidades variables de hidratos de carbono como glucosa, fructosa y galactosa, además de componentes nitrogenados (Semarnat, 2007). Por su parte, los lípidos son considerablemente bajos en este alimento, aunque contiene triglicéridos, flavonoides, carotenoides, entre otros.

Tabla 2. Composición química

Análisis	Características
Agua	Entre 90 a 95 %
Compuestos nitrogenados	7.33-13.63 %
Lípidos	1.22 %
Carbohidratos	8.49 %
Vitaminas	Ácido ascórbico, tiamina, riboflavina y niacina
Otros compuestos orgánicos	En menor proporción almidones, aceites, celulosa, resinas, látex, fenoles, pigmentos y alcaloides
Gomas	Ácido galacturónico, L-arabinosa, D-xilosa, D-galactosa y trazas de L-ramnosa

Fuente: Hernández (2013).

Tabla 3. Valoración nutricional del nopal

Valor nutricional del nopal en 100 g	
Compuesto	Cantidad
Proporción comestible	78 %
Energía	27 kcal
Proteínas	0.17 g
Grasas	0.30 g
Carbohidratos	5.60 g
Tiamina	1.60 mg
Riboflavina	0.03 mg
Niacina	0.09 mg
Ácido ascórbico	8.00 mg
Calcio	9.3 mg
Retinol	41 mg

Fuente: Hernández (2013).

De manera más detallada, los componentes nutricionales del nopal se muestran en

la Tabla 3. Para mantener la buena salud es necesario ingerir cantidades adecuadas de vitaminas. El nopal presenta algunas hidrosolubles que el cuerpo aprovecha para funcionar mejor y formar anticuerpos, como tiamina, ribloflavina, niacina y ácido ascórbico.

En menor concentración se encuentran compuestos fitoquímicos. Del Toro et al. (2015) enlistan los compuestos con estas características, ya que además de los carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas y minerales, presenta polifenoles, fitoesteroles, clorofila, carotenoides y mucílagos, compuestos que lo hacen un alimento funcional.

4.7. Propiedades terapéuticas y nutritivas del nopal

El uso de plantas medicinales es una práctica común alrededor del mundo. De acuerdo con las estadísticas de la Organización Mundial de la Salud (OMS), 80 % de la población de los países en desarrollo recurre a ellas para satisfacer o complementar sus necesidades médicas, porcentaje que aumenta cada año. La OMS ha publicado una obra que recopila el uso responsable de plantas medicinales, promoviendo el estudio de las plantas como fuentes terapéuticas, dentro del programa *Salud para todos en el año 2000*. Las plantas ayudan en la prevención o tratamiento de un estado patológico, gracias a sus componentes bioactivos que pueden ser precursores para el desarrollo de nuevos fármacos (Buedo y Gigante, 2015).

Por tanto, el uso de tratamientos alternativos se ha incrementado en los últimos años debido a la incidencia de enfermedades crónicas no transmisibles. Las plantas medicinales han sido utilizadas desde tiempo milenarios, siendo el nopal un candidato para ser usado como tratamiento y auxiliar en este tipo de patologías (Torres et al., 2015). Los aztecas utilizaban el nopal como medicina para aliviar varios problemas del cuerpo. A cada planta se le atribuían diferentes efectos ante problemas inflamatorios y cutáneos (Tabla 4). Por ejemplo, el nopal es muy utilizado para tratar enfermedades del sistema digestivo (Ariza et al., 2013).

Actualmente, existe una mayor sensibilización en cuanto a las tendencias de consumo, donde no solo se considera el aporte de nutrientes, sino también en los compuestos bioactivos benéficos que contribuyen a prevenir patologías. El nopal cuenta con polisacáridos, polifenoles, fitoesteroles; estos compuestos bioactivos ayudan a combatir enfermedades cardiovasculares y son precursores de antioxidantes que ayudan a neutralizar los radicales libres, para la protección celular (Ariza et al., 2013).

Tabla 4. Aplicaciones terapéuticas de las diferentes partes del nopal

Parte de la planta del nopal	Objetivo por cumplir
Jugo de la planta	Fiebres internas
Pulpa líquida	Labios partidos
Espinas	Limpieza de infecciones
Penca del nopal	Aliviar inflamaciones
Raíz	Reducción de aparición de hernias
	Recuperación de hígado inflamado
	Tratamiento de úlceras en el estómago

Fuente: Ariza et al. (2013).

El nopal tiene aplicaciones terapéuticas y dietéticas, además de utilizarse como combustible y fuente de energía; también puede emplearse en las industrias agropecuarias, médicas, farmacéuticas y cosméticas (Figura 2). Esto se debe a su aporte nutritivo y funcional, el cual se ha asociado con la medicina tradicional.

Destaca por su contenido de fibra dietética tanto soluble (como la pectina y el mucílago) como insoluble. Además, es rico en oxalatos y sulfatos, principalmente de calcio (96 mg por cada 100 g), así como en potasio, fósforo, sodio y ácido ascórbico. Estos componentes le confieren efectos biológicos, como actividad antioxidante, anticancerígena, antiviral, antiolesterolémica; sin embargo, el estudio de sus mecanismos de acción, así como los fitoquímicos de la planta, aún requiere mayor profundidad (Torres et al., 2015).

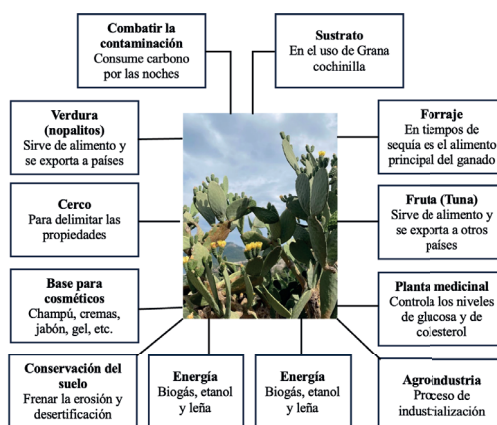


Figura 2. El nopal y sus usos medicinales

Fuente: elaboración propia.

Informes sobre la diabetes destacan la consecuencia del déficit de insulina. Arateo de Capadocia (81-138 d.C.) escribió sobre la naturaleza de esta enfermedad, que consistía en la “desintegración de la carne en orina” acompañada de una sed que no podía apagarse. Algunos de los estudios donde se evidencia el efecto del consumo del nopal y sus componentes sobre la prevención de ciertas enfermedades son los siguientes: Andrade-Cetto y Wiedenfeld (2012) observaron una disminución de las concentraciones de glucosa en estado posprandial cuando los cladodios tiernos sin espinas se lavaban, cortaban y licuaban para consumirlos en las primeras horas del día, lo que corroboró su efecto en el tratamiento de la diabetes.

Zhao et al. (2011) emplearon extractos etanólicos de *Opuntia dillenii* en modelos murinos, en los que usaron estreptozotocina para inducir la diabetes, y observaron que el incremento en los niveles de insulina no fue significativo, por lo que atribuyeron al nopal un efecto antihiper glucémico. Por otra parte, se han evaluado el índice de la glucemia, el índice insulínico, el péptido inhibidor gástrico (GIP), el índice insulínico dependiente de glucosa, el péptido similar al glucagón 1 (GLP-1) y el efecto del nopal en pacientes diabéticos (López et al., 2014). En conclusión, el nopal no sustituye la prescripción de medicamentos para el control de la glucosa en sangre; sin embargo, estos hallazgos sugieren que su uso tradicional favorece la absorción segura de la glucosa sin efectos secundarios.

El nopal es un alimento funcional debido al efecto sinérgico entre la fibra dietética y los fitoquímicos. Se ha comercializado en su forma deshidratada como auxiliar en trastornos gastrointestinales. También puede coadyuvar en el tratamiento de la obesidad y reducir los niveles de lipoproteínas de baja densidad, ejerciendo un efecto hipocolesterolemizante al interferir con la absorción de los lípidos. Sus funciones nutraceuticas permiten su uso como ingrediente en productos alimenticios o como suplemento dietético (Bensadón et al., 2010; Torres et al., 2015).

4.8. Aplicaciones del nopal como alimento

El tunal, nopal u *Opuntia* spp. forma parte esencial de la alimentación del mexicano, ya que se incluye en diferentes platillos. Se calcula que el consumo de este alimento por cada persona en el país abarca de 10 a 17 gramos al día (Bensadón et al., 2010). Es importante mencionar que su aporte nutrimental varía según las características de la planta, como su edad, ya que se observan niveles más bajos de lípidos y fibra soluble cuando envejece (Torres et al., 2015).

En los últimos años, el consumo del nopal se ha extendido a regiones fuera de México, llegando a países norteamericanos, asiáticos y europeos, aunque sus características de humedad le proporcionan una vida corta. Por ello, deben desarrollarse tecnologías de conservación que impulsen su comercialización con

otros países. Una de ellas es el uso de atmósferas modificadas, con embalajes que conceden un espacio ideal para la conservación de los nopales durante periodo de mayor duración (Bosques y Rodríguez, 2009).

4.9. El nopal como alimento funcional

El conocimiento actual sobre el *Opuntia* spp. va en aumento, por ejemplo, por su uso potencial en la medicina nutracéutica como alternativa a la alimentación médica, ya que los medicamentos suelen ser costosos y presentar efectos secundarios. La investigación en la industria alimentaria se ha centrado en el uso de productos naturales, como el *Opuntia* spp. Sus compuestos, como la fibra dietética y los pigmentos, pueden incorporarse en formulaciones alimentarias.

En aplicaciones médicas o nutracéuticos, destaca su papel como agente antidiabético, atribuido tradicionalmente a su alto contenido de mucílago, pectina y fibra dietética. Sin embargo, algunos estudios sugieren que este efecto también puede deberse a compuestos no identificados en fracciones sin fibra o al alto contenido de minerales en algunos cultivares. Otro uso potencial de esta planta es la quimioprevención del cáncer, debido a su alto contenido de compuestos antioxidantes en cladodios y frutos, como los ácidos fenólicos y polifenoles. Otras propiedades nutracéuticas se asocian con la mejora de la memoria a largo plazo y con la reducción de alergias (Angulo-Bejarano y Paredes-López, 2012).

En los últimos años, diversos grupos y comunidades alrededor del mundo han vuelto a los “alimentos naturales”, considerados más saludables, como los productos orgánicos o alimentos que contengan nutracéuticos, desafiando a la industria alimentaria moderna. El *Opuntia* spp. posee un alto contenido de compuestos antioxidantes y fibra dietética, y en el caso de sus frutos, antioxidantes y pigmentos naturales. Los ingredientes del nopal tienen mucho potencial de aplicación, como fibra dietética en formulaciones alimentarias, pigmentos naturales y su microencapsulación para su uso en bebidas (Celis, 2009).

Otros estudios han evaluado las propiedades nutritivas y antioxidantes de la pulpa y las semillas de dos variedades de xoconostle (*O. joconostle* F.A.C. Weber ex Diguet y *O. matudae* Scheinvar) de alto consumo en México. La pulpa de fruta xoconostle contenía una cantidad considerable de hidratos de carbono digeribles, mientras que las semillas tenían un predominio significativo de compuestos no digeribles (dietética insoluble fibra), proteínas, lípidos y cenizas. Los niveles de lípidos en las semillas de *Opuntia xoconostle joconostle* y *Opuntia matudae*, respectivamente, fueron 2,45 y 3,52 g/100 g de peso fresco. Se identificaron menos de 19 ácidos grasos y cuantificados en las semillas de ambos cultivares, mientras que en la pulpa se caracterizaron sólo 16 ácidos grasos. Dos grasos saturados ácidos, el ácido palmítico

y el ácido octanoico, se encontraron en cantidades significativas. Se identificaron dos formas activas de vitamina C: ácido ascórbico y ácido dehidroascórbico; el contenido de tocoferoles totales fue mayor en semillas de ambos cultivares que en la pulpa (Angulo-Bejarano y Paredes-López, 2012).

Los compuestos fenólicos ayudan a proteger a las plantas contra la luz UV y también actúan como defensas contra microorganismos patógenos. Por esta razón, los frutos pueden permanecer unidos a la planta durante varios meses sin deterioro, que a su vez podría explicar los contenidos elevados de compuestos fenólicos y flavonoides cuando se compara con otras frutas *Opuntia*. Las propiedades antioxidantes más altas de las semillas están de acuerdo con sus más altos contenidos fenólicos y flavonoides (Angulo-Bejarano y Paredes-López, 2012).

Entre los compuestos fenólicos, los flavonoides, específicamente la quercetina es la más predominante, y en menores concentraciones la isoramnetina, luteolina y kaempferol. Por otro lado, el mayor contenido total de flavonoides se encuentra en las frutas *O. stricta*, mientras que *O. undulata* mostró el valor más bajo. En general, todas las especies de nopal, de las tres que se analizaron, contenían taurina (7.7 a 11.2 mg/100 g de fruta fresca), el cual actúa como un transmisor neuroinhibidor y se considera un compuesto protector celular (Angulo-Bejarano y Paredes-López, 2012). Estas características demuestran su potencial como alimento funcional; sin embargo, se están buscando alternativas para incrementar su ingesta y aprovechar sus beneficios. El siguiente apartado muestra algunas estrategias para lograrlo.

4.10. Perspectivas y tendencias en el desarrollo de nuevos productos derivados del nopal

Existen diversos productos derivados del nopal como: jugos, barras integrales, golosinas, cereales, jaleas, conservas, galletas y suplementos alimenticios que se desarrollan por las diversas tecnologías convencionales de conservación, y que cumplen con estándares de calidad para llegar al consumidor objetivo. La mayoría de estos productos no son del todo beneficiosos para el organismo de las personas y dejan de ser atractivos por las crecientes enfermedades relacionadas con la dieta. Para solucionar el problema, las empresas han buscado enriquecer o complementar sus productos para satisfacer al consumidor. Por ejemplo, la adición de harina de nopal en los cereales, como las tortillas, ha obtenido una gran aceptación por la población.

La fibra de nopal ha sido añadida a las galletas integrales aumentando su contenido nutricional y, por ende, la preferencia sobre otras marcas. También ha sido empleado en la elaboración de barras dietéticas y avenas, o en la manufactura de golosinas enriquecidas con mucílago. Otro producto aceptado por el público es la fibra de nopal en la carne para hamburguesa.

Las tecnologías de conservación para reducir la actividad enzimática en los nopales tiernos o maduros a nivel laboratorio, planta piloto e incluso a nivel industrial, destacan métodos físicos como la esterilización comercial (enlatados), la congelación, la deshidratación (productos secos o deshidratados) y la concentración (para bebidas). Los métodos químicos con sal, ácidos o conservadores han sido empleados junto con la adición de azúcares para la elaboración de otros productos alimenticios.

Entre las tecnologías más utilizadas está la deshidratación, una aplicación ancestral debido a su facilidad de implementación y bajo costo. La deshidratación osmótica obtiene de los cladodios maduros trozados algunos productos confitados o glaseados con una vida útil mayor; los cuales suelen consumirse como postres. Asimismo, las jaleas y mermeladas tales como la melcocha (una mermelada típica artesanal de nopal) son otras alternativas para su consumo en México. La elaboración de productos fermentados a base de nopal es otra opción para su comercialización, como el colonche, una bebida de baja graduación de alcohol elaborada a partir del jugo de *Opuntia* (Fito et al., 2014).

Algunas tecnologías emergentes de conservación del nopal minimizan los tiempos del procesamiento y mejoran su manipulación a nivel industrial para preservar sus propiedades naturales y mejorar su calidad. Entre ellas, el ultrasonido de alta potencia acelera la extracción del mucílago del nopal, y mejora la transferencia de masa e incrementa los rendimientos, ya que las ondas de presión favorecen su propagación y la cavitación generada durante el proceso. Otras tecnologías emergentes son la irradiación, las altas presiones hidrostáticas y los pulsos eléctricos (Fito et al., 2014).

El nopal es un alimento funcional debido a sus concentraciones altas de nutrientes y compuestos bioactivos, los cuales le confieren propiedades beneficiosas para la salud. Gracias a las tecnologías actuales, se han desarrollado productos en diversas presentaciones, como polvo, jugos, comprimidos y golosinas, lo que amplía sus oportunidades de comercialización, promoción y consumo. En Tamaulipas, se puede favorecer la propagación, cultivo, cosecha y desarrollo de estos productos mediante un aprovechamiento integral del nopal y la tuna, así como de sus subproductos, con el fin de contribuir al desarrollo social y económico de la región.

Conclusiones

El nopal es un alimento versátil y de fácil manejo. Sus características fisicoquímicas, nutricionales y funcionales son importantes para enriquecer la dieta regional. Su importancia socioeconómica radica en los empleos que genera. Además, forma parte de la cultura mexicana. En este capítulo se mostraron dichas características, así como su importancia como alimento típico de la gastronomía mexicana, resaltando sus variedades y su propagación para integrarlo a la dieta cotidiana de la población. El desarrollo de nuevos productos alimenticios permite prolongar su vida útil, ofrecer al mercado productos enfocados a sus necesidades, aprovechar mejor sus componentes, integrarlo en otros productos y crear alimentos funcionales para consumidores a quienes no les resulta muy apetecible. Por otro lado, se mostraron los componentes bioactivos que contiene el *Opuntia ficus*, los cuales son beneficiosos en la prevención y tratamiento de cardiopatías, sobrepeso, obesidad, diabetes, cáncer, osteoporosis y otras enfermedades que aquejan a la población. Se concluye que el nopal es un alimento funcional debido a sus nutrientes y compuestos bioactivos que tienen efectos positivos en las funciones fisiológicas de los humanos. Es una excelente opción para usarse como complemento en otros alimentos, y así elevar el valor nutricional mediante el empleo de tecnologías convencionales y emergentes para desarrollar nuevos productos y, de este modo, favorecer su comercialización y consumo.

Referencias

- Alimentación Sana. (2001). *El nopal y sus propiedades*. <http://alimentacion-sana.org/informaciones/novedades/nopal.htm>.
- Andrade-Cetto A. y Wiedenfeld, H. (2011). Anti-hyperglycemic effect of *Opuntia streptacantha* Lem. *Journal of Ethnopharmacology*, 133(2), 940-943. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037887411000807X>
- Angulo, P. I. y Paredes, O. (2012). *Nopal: A perspective view on its nutraceutical potential*. American Chemical Society.
- Ariza, A. M. T., Crespo, P. A. C. y Mujica, J. A. C. (2013). *Diagnóstico y estrategia para la explotación del nopal y sus frutos en Colombia* [Trabajo de grado, Universidad EAN]. <https://repository.universidadean.edu.co/server/api/core/bitstreams/cbdfc03-5262-4be9-8725-fdbabac49027/content>
- ASERCA. (2001). De nuestra cosecha. Nopal, leyenda, comercio futuro en México. *Claridades Agropecuarias*. <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/098/ca098.pdf>
- Bensadón, S., Hervert-Hernández, D., Sáyago-Ayerdi, S. y Goñi, I. (2010). By products of *Opuntia ficus-indica* as a source of antioxidant dietary fiber. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(3), 210-216. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20623195/>
- Bosques-Molina, E. M. y Rodríguez, M. E. H. (2011). Conservación del nopal verdura “Milpa Alta” (*Opuntia ficus-indica* Mill.) desespinado en envases con atmósfera modificada. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 10(1), 93-104. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382011000100010
- Buedo, P. y Gigante, C. (2015). Utilización de plantas medicinales como alternativa a las benzodiacepinas: revisión bibliográfica. *Archivos de Medicina Familiar y General*, 12(2), 21-27.
- Celis, E. F. (2009). *Potencial nutraceutico de cladodios del nopal (Opuntia spp.)* [Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio UAQ. <https://ri-ng.uaq.mx/xmlui/handle/123456789/5913>
- Cruz, E. I. R., y Miranda, H. C. (2022). Nopal/tuna, mercado y territorio en México: un enfoque de capacidades. *Eutopía: Revista de Desarrollo Económico Territorial*, (21), 100-123. <https://www.redalyc.org/journal/6757/675772404005/html/>
- Del Toro, C. L., Ruiz, S., Márquez, E., Uresti, R. y Ramírez, J. A. (2015). *Alimentos funcionales y compuestos bioactivos*. Editorial Plaza y Valdez S. L. Conacyt - Gobierno de Tamaulipas.
- Fito, P., Andrés, A., Arguelles, A. y Ortola, M. (2014). Libro de actas. *Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos CIBIA9*, Valencia, España.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations -FAO-. (2006). *Utilización agroindustrial del nopal*. FAO. <http://www.fao.org/docrep/009/a0534s/a0534s00.htm>.

- Gallegos, C. y Méndez, S. J. (2000). *La tuna: criterios y técnicas para su producción comercial*. Universidad Autónoma Chapingo, Colegio de Postgraduados, Fundación Produce Zacatecas, A. C.
- Gómez, A. A. (2004). *Canales y márgenes de comercialización de nopal verdura en el municipio de Saltillo, Coahuila* [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio UAAAN. <https://oai.uaan.mx/handle/123456789/4894>
- Hernández, D. (2013). *Influencia de la concentración de azúcar en la viscosidad de una mermelada casera de nopal* [Tesis de Ingeniería, Universidad Veracruzana]. Repositorio UV.
- López, P., Pichardo, E., Ávila A., Vázquez, N., Tovar, A., Pedraza, J. et al. (2014). The effect of nopal (*Opuntia ficus-indica*) on postprandial blood glucose, incretins, and antioxidant activity in Mexican patients with type 2 diabetes after consumption of two different composition breakfasts. *Eatrigth*, 114(11), 1811-1818. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25132122/>
- López-Gutiérrez, D. M., Reyes-Agüero, J. A., Muñoz, A., Robles, J. y Cuevas, E. (2015). Comparación morfológica entre poblaciones silvestres y manejadas de *Opuntia atropes* (Cactaceae) en Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 86(4), 1072-1077.
- Maki, D. G. (2014). *Tendencias de producción y comercialización de nopalito de exportación, calidad y manejo postcosecha* [Tesis de doctorado, Colegio de Postgrado]. Repositorios Latinoamericanos. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/7506214>
- Méndez, F. L. (2014). *Utilización de opuntias en la alimentación de animales domésticos* [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León]. Repositorio UANL.
- Muciño, G. C. (2014). *Evaluación nutricional de harina de nopal en dietas para borregos* [Tesis de doctorado, Colegio de Postgrado]. Repositorios Colposdigital.
- Pacheco, F. C. R. (2015). *Micropropagación de tres variables de nopal* (*Opuntia ficus-indica*) [Tesis de Ingeniería, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio UAAAN.
- Sáenz, C. L. (2006). Utilización agroindustrial del nopal. *Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO*.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales -Semarnat-. (2007). *Instituto Nacional de Ecología*. <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/71/nverdura.html>.
- Torres, R. L., Morales, D., Ballinas, M. L. y Nevárez, V. G. (2015). El nopal: planta del semidesierto con aplicaciones en farmacia, alimentos y nutrición animal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(5), 1129-1142.
- Zhao, L. Y., Lan, Q. J., Huang, Z. C., Ouyang, L. J. y Zeng, F. H. (2011). Antidiabetic effect of a newly identified component of *Opuntia dillenii* polysaccharides. *Phytomedicine*, 18(8-9), 661-668. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21300531/>

Capítulo V



Planta y flor de yucca

(Yucca elephantipes)

Rocío Margarita Uresti Marín¹
José Alberto Ramírez de León¹
Frida Carmina Caballero Rico²
Arturo Mora Olivo³

Resumen

Existen especies vegetales autóctonas que han sido utilizadas como alimentos desde hace mucho tiempo. El consumo de flores comestibles se ha incrementado en los últimos años debido a su amplia influencia en la textura, el sabor o la apariencia de los alimentos. Además, las flores son ricas en compuestos bioactivos. La yucca, izote o palma pita es una planta común en México, adaptándose bien a diversos climas y suelos. La flor comestible de yucca, también conocida como flor de izote o chocha, es un ingrediente versátil y nutritivo en la gastronomía mexicana. Estas flores son ricas en compuestos bioactivos, como flavonoides, carotenoides y ácidos fenólicos, que ofrecen múltiples beneficios para la salud, incluyendo propiedades antioxidantes y antiinflamatorias. Este capítulo abordará no solo la importancia de la flor de yucca en la dieta, sino también las propiedades de la planta, su reproducción, las características de las diferentes especies y sus métodos de preparación culinaria. Se concluirá con su relevancia cultural en la gastronomía mexicana, resaltando su legado y su uso contemporáneo en diversas recetas. A medida que la globalización cultural avanza, es crucial que se reconozcan y preserven estas tradiciones y conocimientos sobre el uso de plantas autóctonas. Mantener vivas estas prácticas ayuda a promover la identidad cultural, la sostenibilidad y la biodiversidad.

Palabras claves: flores comestibles, yucca y flor de yucca.

¹ Unidad Académica de Trabajo Social y Ciencias para el Desarrollo Humano

² Facultad de Comercio y Administración Victoria,

³ Instituto de Ecología Aplicada y Facultad de Ingeniería y Ciencias

Introducción

Existen numerosas especies vegetales autóctonas en México que han sido utilizadas como alimentos desde tiempos antiguos, consumiendo sus frutos, raíces, tallos, hojas y flores. Este conocimiento tradicional ha sido fundamental para la subsistencia de diversas comunidades indígenas a lo largo de la historia. El uso de las flores como alimento no es un descubrimiento nuevo, sino un redescubrimiento de antiguas tradiciones etnobotánicas. La Organización mundial de la Salud (OMS) calcula que 8 de cada 10 habitantes en el mundo recurren a la vegetación, ya sea raíces, tallos, hojas, frutos o flores para obtener recursos alimentarios o de salud (Chen, 2021).

Las flores comestibles tienen una rica historia en la nutrición humana, que se remonta a civilizaciones antiguas como la griega y la romana. Diversas culturas han incorporado flores en su dieta, valorándolas no solo su sabor, sino también por su aporte estético a las comidas. En regiones como China y Japón, el uso de flores comestibles tiene una larga tradición, lo que resalta su importancia en sus cocinas.

Según un estudio publicado en 2014, se han identificado 1 729 especies de flores comestibles pertenecientes a 631 géneros y 133 familias botánicas en todo el mundo (Scariot et al., 2022). La ingesta de flores comestibles ha ido en aumento en las últimas décadas, impulsada por varios factores. En primer lugar, el creciente interés por la alimentación saludable y los ingredientes frescos ha llevado a los consumidores a explorar nuevas opciones, incluyendo las flores comestibles, que son valoradas por su alto contenido de compuestos bioactivos, antioxidantes y propiedades nutricionales (Dos Santos y Novaes, 2021).

Se ha documentado que en México existen más de 100 especies de flores comestibles que pertenecen a 25 familias y 49 géneros. Entre las familias más destacadas se encuentran Agavaceae, Leguminosae, Arecaceae, Cactaceae, y Cucurbitaceae. Este amplio espectro de flores refleja la rica biodiversidad del país, que es uno de los más diversos en cuanto a flora en el mundo. El uso de flores en la gastronomía mexicana tiene profundas raíces culturales que se remontan a tiempos precolombinos. No solo aportan valor estético en los platillos, sino que también destacan por sus propiedades nutricionales y su potencial como fuente de compuestos bioactivos, como antioxidantes y nutrientes esenciales (Marcos-Gómez et al., 2024).

La historia de las flores comestibles en México está profundamente arraigada en las tradiciones culinarias de las culturas prehispánicas, donde el conocimiento de la flora nativa por parte de diversos grupos étnicos permitió el aprovechamiento de diversos recursos vegetales. Las flores han sido valoradas por su belleza, sus propiedades nutricionales, su uso en rituales y festividades. Flores como la de la calabaza (*ayoxóchitl*), la yucca o izote (*izotl*), la marigol (*cempaxúchitl*), el nopal (*nopalxochitl*), el maguey, la biznaga, el huauzontle o quelite, el tule, el frijol y el colorín

han sido integradas en diversas preparaciones culinarias, reflejando la diversidad de la flora mexicana y su importancia cultural (Mexicanist, 2023).

En la actualidad, se consumen flores frescas, deshidratadas (como infusión o pétalos de rosa secos en postres), en polvo, cristalizadas o como parte de espumados en la cocina molecular (Takahashi et al., 2020). En estado fresco, las flores se consumen en ensaladas (caléndula), también se consumen en sopas y bebidas (vino, cerveza) y postres (dulce, mermelada o jalea) e incluso se usan para dar color o sabor tipo especia. Por ejemplo, las flores de cempasúchil y calabaza se usan en diferentes sopas, guisos o quesadillas, el colorín y la dalia se usan en repostería y para dar sabor al agua de frutas o en diferentes postres, de la jamaica se obtiene una bebida tradicional y el girasol se aprovecha en ensaladas y bebidas (Galindo et al., 2017). En México, una gran cantidad de plantas comestibles y medicinales se pueden encontrar en los tianguis, mercados callejeros organizados de manera regular, típicamente una vez a la semana. El término *tianguis* proviene del náhuatl, lo que refleja su herencia prehispánica. Estas plantas, tanto nativas como introducidas, ya sean recolectadas o cultivadas, desempeñan un papel crucial en la supervivencia, las tradiciones culturales y el comercio local (Linares y Bye, 2016).

El conocimiento tradicional sobre el uso de flores comestibles, aunque rico y variado, no está tan difundido. Muchas de ellas son consumidas en comunidades locales donde sus ancestros las han utilizado durante siglos. Este legado cultural es crucial en un mundo cada vez más globalizado, donde la cocina tradicional puede perderse o ser olvidada. Es esencial recordar y dar a conocer estas recetas tradicionales por su valor culinario e identitario. El uso de alimentos autóctonos como las flores comestibles enriquece los sabores de la cocina mexicana, promueve la sostenibilidad, favorece la biodiversidad agrícola local, beneficia a la salud y añade color y sabor a los platos.

5.1. Descripción general de las plantas del género *Yucca*

Yucca es un género de plantas perennes, arbustivas, suculentas, de lento crecimiento que comúnmente son llamadas izotes, palmas pitas, palmas locas, palmas samandocas y yucas. En promedio, alcanzan hasta tres metros de altura, pero puede llegar a los diez en algunas especies. El diámetro de su tronco puede variar entre los 15 y 40 centímetros; es leñoso, con corteza áspera y usualmente ramificada. En la parte superior las hojas crecen 1 m de largo y 7.5 cm de ancho con forma de espada, y pueden terminar en forma de espina. En estas plantas, el racimo de flores en forma de campana o globosa surge en la parte superior del tallo o de un tallo floral que se desarrolla a partir del centro de la planta. Puede alcanzar alturas considerables y es donde se agrupan las flores, que suelen ser blancas, cremas o con

tintes rosados. Las flores son muy fragantes y suelen florecer durante la primavera y el verano (Utah State University, s.f.). Las especies del género *Yucca*, junto con los cactus, se representan comúnmente como un símbolo del desierto de América (Figura 1) (Colindres y Recinos, 2013).



Figura 1. Diferentes plantas de yucca

Fuente: autoría propia.

La yucca puede reproducirse de diversas formas (semillas, brotes, retoños o esquejes). En el caso de la polinización, se da un fenómeno de mutualismo obligado y exclusivo entre la planta e insectos del orden de los lepidópteros, conocidos como polillas o palomillas, que son los únicos que la polinizan. Estos organismos, pertenecientes a la subfamilia Prodoxinae (Lepidoptera: Prodoxidae), incluyen 21 especies de los géneros *Tegeticula* y *Parategeticula*, destacando por su abundancia *Tegeticula yuccasella*, el polinizador más común en el noreste de México (aunque existen al menos 11 especies en esa zona) (Rentería y Cantú, 2003).

La planta de yucca florece cuando ha alcanzado cierta madurez durante la parte más cálida de la temporada de crecimiento y lo hace una vez al año, tanto en su hábitat natural como en invernadero. La época de floración varía según la variedad. Una vez que la planta madura y florece, generalmente vuelve a florecer en la misma época cada año. Todos sus tipos desarrollan inflorescencias similares (espigas altas), pero algunas, como la yucca de aloe (*Yucca aloifolia*), tienen flores que cubren completamente las espigas. Si no se recortan, las espigas florales pueden permanecer hasta dos años después de la floración, y eventualmente, adquieren un tono marrón poco estético (Patterson, 2017). La mayoría de las especies de yucca son iteróparas, lo que significa que pueden florecer varias veces durante su vida. Sin embargo, algunas variedades presentan reproducción semélpara, en la que la planta florece una sola vez y luego muere. Las especies iteróparas, además, pueden tener múltiples rosetas conectadas por rametos, permitiendo que cada una soporte su

propia inflorescencia (Keeley et al., 1986). Según Antosh (s.f.), la cantidad de flores en los racimos de yuca varía según la especie. Generalmente, las inflorescencias pueden contener entre decenas y cientos de flores en un solo racimo. Estas flores son hermafroditas y se agrupan en la parte superior del tallo floral, que puede alcanzar alturas de 2 a 4 metros, dependiendo de la especie (Figura 2).



Figura 2. Flores de yuca

Fuente: autoría propia.

La yuca florece por la noche y emite un aroma dulce que atrae a los polinizadores adultos de *Tegeticula*, los cuales permanecen ocultos en el suelo. Las hembras, después de haberse apareado, utilizan las flores recién abiertas para ovopositar en el interior de sus pistilos. Durante esta actividad, transportan polen desde los estambres de las flores macho hasta el estigma de las flores hembra, lo que permite la polinización de la planta. Las flores polinizadas inician su transformación en fruto, que puede ser seco o carnoso y contener semillas capaces de germinar en condiciones adecuadas (Gaskett et al., 2019).

Los huevecillos depositados en la flor eclosionan y se transforman en larvas que usan parte de las semillas para alimentarse, saliendo de la fruta antes de que terminen de madurar. Las larvas se dejan caer al suelo, en donde se entierran, para formar un capullo que les permite hibernar hasta al siguiente año en que florezca nuevamente la yuca. En ese momento, se forman las pupas que darán origen a los adultos que reiniciarán el ciclo reproductivo (Villavicencio y Pérez, 1995). Una correcta polinización de las flores determinará la sobrevivencia de ambas especies. Si es adecuada, el fruto se desarrollará y producirá suficiente semilla para que las larvas sobrevivan en su interior y den origen a una nueva planta, de lo contrario la flor se secará y se desprenderá (abscisión) con lo que las larvas sucumbirían y la flor no daría origen a un nuevo organismo (Rentería y Cantú, 2001).

5.2. Taxonomía de la planta del género *Yucca*

La yucca forma parte de la familia Asparagaceae y subfamilia *Agavoideae*. Pertenecen al género *Yucca* (Tabla 1), el cual está compuesto por 55 especies y fue descrito por Linneo en 1753 en su obra *Species Plantarum*. Se estima que alrededor del 70 % de las especies de yucca se pueden encontrar en México (Tabla 2), lo que representa una significativa proporción de la diversidad global de este género (Arteaga et al., 2020). Estas plantas son nativas de América y su distribución se extiende desde Canadá hasta Centroamérica, donde México es uno de los países con la mayor diversidad de este género (Matuda y Piña, 1980; Magallán et al., 2014).

Tabla 1. Taxonomía del género *Yucca*

Reino	Plantae
División	Angiospermae
Clase	Monocotyledoneae
Orden	Asparagales
Familia	Asparagaceae
Subfamilia	<i>Agavoideae</i>
Género	<i>Yucca</i>

Fuente: elaboración propia.

Tabla 2. Especies de yucca en México

<i>Y. aloifolia</i>	<i>Y. decipiens</i>	<i>Y. grandiflora</i>	<i>Y. periculosa</i>	<i>Y. schidigera</i>
<i>Y. arizonica</i>	<i>Y. declinata</i>	<i>Y. jaliscensis</i>	<i>Y. pinicola</i>	<i>Y. schottii</i>
<i>Y. baccata</i>	<i>Y. elata</i>	<i>Y. lacandonica</i>	<i>Y. potosina</i>	<i>Y. thompsoniana</i>
<i>Y. brevifolia</i>	<i>Y. elephantipes</i>	<i>Y. linearifolia</i>	<i>Y. queretaroensis</i>	<i>Y. torreyi</i>
<i>Y. capensis</i>	<i>Y. endlichiana</i>	<i>Y. madrensis</i>	<i>Y. reverchonii</i>	<i>Y. treculeana</i>
<i>Y. carnerosana</i>	<i>Y. faxoniana</i>	<i>Y. mixtecana</i>	<i>Y. rostrata</i>	<i>Y. valida</i>
<i>Y. coahuilensis</i>	<i>Y. filifera</i>	<i>Y. muscipula</i>	<i>Y. rigida</i>	
<i>Y. desmetiana</i>	<i>Y. gigantea</i>	<i>Y. pallida</i>	<i>Y. rupicola</i>	

Fuente: elaboración propia.

Las especies de yucca se distribuyen principalmente en los desiertos de América y su morfología se ve influida por factores como la altitud, el tipo de suelo y la disponibilidad de agua. Por ejemplo, en zonas más áridas, las especies pueden desarrollar características como hojas más estrechas y una menor altura para reducir la pérdida de agua, mientras que, en áreas más húmedas, pueden ser más robustas y altas (Jolly et al., 2021). En general, el género *Yucca* es tolerante a la sequía, el viento y la sal, por lo que la mayoría de estas especies prosperan en zonas áridas con suelos secos y arenosos. Las plantas de yucca habitan en suelos someros y pedregosos, en cañadas y laderas. También se localizan en los bosques tropicales o templados preferentemente (López-Ramírez et al., 2018). Sus raíces crecen más de 2 metros hasta alcanzar niveles freáticos o simplemente húmedos y tienen un metabolismo fotosintético adaptado para la reserva de agua (García-Mendoza, 2011). El tamaño y la conformación de la flor y el fruto tienen el mismo grado de variabilidad en todas las especies.

Además, estas plantas tienen amplia importancia por el efecto benéfico que tienen en el ecosistema en el que se integran: sus raíces contribuyen a retener humedad, evitan la erosión del suelo y aporta material orgánico generado a través del atrapamiento de carbono ambiental. Asimismo, el jugo de las hojas se utiliza en la fertilización de suelos, ya que modifica la tensión superficial del agua, lo que favorece que penetre más en los suelos duros y ayuda a su floculación. Es una buena fuente de alimento, sombra y refugio para animales domésticos o salvajes. Los humanos usan el recurso para alimentarse y como material en diferentes actividades (Tabla 3). Se considera que esta planta fue igual de útil para las poblaciones indígenas de Hispanoamérica como el bambú lo fue para los pueblos de Asia. El ayate que vestía Juan Diego era de esta planta y en él se plasmó la imagen de la Virgen de Guadalupe (Guillot y Van, 2009).

Tabla 3. Usos de plantas de yucca

Especie	Parte de la planta	Uso
<i>Yucca elephantipes</i>	Planta completa	Ornamentos en jardinería
<i>Yucca filifera</i>	Tallos tiernos, bases de hojas	Forraje (Ganado vacuno y caprino)
<i>Yucca decipiens</i>	tiernas e inflorescencias inmaduras	
<i>Yucca elephantipes</i>	Flores en botón y pedúnculos florales	Alimento (ensaladas y guisos)
<i>Yucca carnerosana</i>	Flores y frutos (dátiles)	Alimento (flores guisadas, fruto, harina, bebida fermentada) Rellenos de muebles
<i>Yucca</i> spp.	Hojas	Cintos y mecates
<i>Yucca filifera</i>	Tallos	Rellenos de cojines para bestias de carga
<i>Yucca decipiens</i>	Semillas	Purgante
<i>Yucca</i> spp.	Hojas y raíces	Sustituto de jabón (por contenido de saponinas)
<i>Yucca</i> spp.	Tallos	Obtención de sapogeninas esferoidales (industria farmacéutica)
<i>Yucca</i> spp.	Troncos	Construcción de techos de chozas
<i>Yucca carnerosana</i>	Tallos y hojas	Construcciones rurales y para cordeles
<i>Yucca filifera</i>	Flores y frutos (dátiles)	Alimento (flores guisadas y frutos como golosina o en atoles y conservas)
<i>Yucca treculeana</i>	Flores y frutos (dátiles)	Alimento (flores guisadas y frutos como golosina o en atoles y conservas)

Fuente: Guillot y Van (2009) y Mora-Olivo et al. (2009).

Las hojas tiernas de *Y. carnerosana* proporcionan una fibra especial que se utiliza en diferentes regiones de México para obtener el ixtle de palma, material con el que se trabajan artículos artesanales de jarcería y cordelería, los cuales contribuyen a la economía de las comunidades campesinas (Guillot y Van, 2009).

5.3. Propiedades de la planta de yucca

Además de sus características físicas, la yucca ha sido utilizada tradicionalmente por diversas culturas debido a sus propiedades beneficiosas para la salud:

1. *Antioxidante*: contiene compuestos bioactivos como flavonoides y polifenoles, que ayudan a neutralizar los radicales libres en el cuerpo. Esto contribuye a la reducción del estrés oxidativo, que está relacionado con diversas enfermedades crónicas (Culhuac et al., 2023).
2. *Neuroprotectiva*: se ha demostrado que sus extractos tienen un efecto protector sobre las células neuronales, lo que puede ser beneficioso para la salud del sistema nervioso. Esto podría ayudar a prevenir enfermedades neurodegenerativas, aunque se necesita más investigación para confirmar estos efectos en humanos (Pecio et al., 2022).
3. *Antidiabética*: los estudios sugieren que puede ayudar a regular los niveles de azúcar en la sangre y mejorar la sensibilidad a la insulina. Esto es particularmente relevante para la prevención y el tratamiento de la diabetes tipo 2 (Oztasan, 2013).
4. *Antimicrobiana*: algunos de sus compuestos tienen propiedades antimicrobianas que pueden ayudar a combatir infecciones bacterianas y fúngicas. Esto ha sido observado en estudios que analizan el efecto de los extractos de yucca sobre patógenos específicos (Zúñiga-Serrano et al., 2022).
5. *Hepatoprotectiva*: ha mostrado efectos beneficiosos en la protección del hígado, ayudando a prevenir daños hepáticos y mejorando su función. Esto se debe a sus propiedades antioxidantes que ayudan a reducir la inflamación en el hígado (Sun et al., 2017).
6. *Antiobesidad*: algunos estudios sugieren que puede ser útil para el control del peso y la reducción de la obesidad al afectar el metabolismo de las grasas en el cuerpo (Kucukkurt et al., 2016).
7. *Anticancerígena*: sus compuestos bioactivos, como los polifenoles, pueden tener propiedades anticancerígenas al inhibir el crecimiento de células cancerosas y promover la apoptosis (muerte celular programada) en ciertos tipos de cáncer (Lyubitelev y Studitsky, 2023).
8. *Antiinflamatoria*: ha mostrado efectos antiinflamatorios, lo que puede ayudar a reducir la inflamación en diversas condiciones de salud, incluyendo artritis y otras enfermedades inflamatorias (Cheeke et al., 2006).

5.4. Flores comestibles

No todas las flores son comestibles, la identificación adecuada es muy esencial porque existe una gran variedad de flora, pero solo unas pocas son apetecibles. Algunas contienen compuestos tóxicos o antinutricionales. Las comestibles se definen como flores no tóxicas e inocuas, con beneficios para la salud, que se consumen en la dieta humana y tienen efectos tanto estéticos como nutricionales y medicinales (Kumari y Bhavya, 2021). Existen tres tipos de flores comestibles en el mundo: las de frutas, de verduras y las flores aromáticas medicinales. El procesamiento de flores comestibles puede prolongar su vida útil y preservar sus características sensoriales durante más tiempo. Además de su procesamiento para obtener productos estables, también se extraen de ellas ciertas sustancias utilizadas como aditivos (Ran et al., 2019).

Las angiospermas (plantas que producen flor) abarcan el 90 % de estos organismos e incluyen la mayoría de las plantas cultivadas para alimento o uso industrial. Las flores generan semillas que permiten la reproducción sexual de las plantas. Cada semilla tiene como propósito perpetuar la especie a través de la propagación, dando origen a la siguiente generación. Tras ser polinizadas, las flores se transforman en frutos que serán importantes en la dispersión de las semillas (Amasino et al., 2017). Las flores comestibles son alimentos delicados que necesitan un cuidado especial. En el pasado, se consumían tradicionalmente como vegetales y por sus propiedades medicinales, mientras que en la actualidad los científicos enfatizan sus perfiles nutricionales y fitoquímicos. Actualmente existe una mayor demanda de alimentos con más propiedades saludables. Las flores comestibles son fuentes potenciales de compuestos fitoquímicos y ofrecen una oportunidad para la innovación alimentaria basada en la tradición etnobotánica (Benvenuti et al., 2016).

El consumo de flores comestibles se debe a su olor, sabor y color únicos, que contribuyen a las características organolépticas de los diferentes platillos y aportan beneficios para la salud del consumidor. Su composición en carbohidratos, vitaminas y minerales es similar a la de otras partes de la planta; sin embargo, su contenido de proteínas y grasas es bajo, y el agua representa más del 80 % de su composición (Pires et al., 2017). Además, los factores socioeconómicos, incluidos los niveles de ingresos y la educación, pueden influir en el acceso y el conocimiento sobre las flores comestibles, afectando su consumo (Benvenuti y Mazzoncini, 2021).

Las flores comestibles se han convertido en la última moda alimentaria en países como el Reino Unido, Portugal y Australia. Esto hace que su mercado esté en expansión. Por ello, los productores y puntos de venta de flores comestibles (supermercados, mercados locales, mercados en línea) están aumentando de manera global, mientras que los consumidores y chefs profesionales demandan productos de mayor calidad. A pesar del crecimiento de este mercado, la información disponible

sobre producción, exportación e importación sigue siendo escasa y carece de datos estadísticos, limitándose a la proporcionada por algunos productores y puntos de venta (Fernandes et al., 2020).

Se han publicado varios artículos que revisan la información disponible sobre las flores comestibles de uso común en las cocinas de todo el mundo, es decir, sobre sus propiedades nutricionales y bioactivas, contenido de elementos minerales y nutraceuticos, calidad de sus lípidos, contenido fitoquímico, toxicología y beneficios para la salud, entre otros. También se ha revisado el uso tradicional de plantas silvestres y sus flores en la cocina europea. Sin embargo, se han concentrado en las flores comestibles populares, excluyendo la mayoría de las flores comestibles endémicas de México (Mulik y Ozuna, 2020). Entre los pocos estudios que mencionan el valor nutritivo de flores nativas de México se encuentra el de Pérez-Quilantán et al. (2005), donde se destaca que especies como *Cnidioscolus multilobus* (mala mujer), *Cercis canadensis* (pata de vaca) y *Erythrina americana* (patol) contienen respectivamente 15.8 %, 19.76 % y 21 % de proteína, además de carbohidratos por encima del 40 %.

Las flores comestibles son fuentes ricas en compuestos bioactivos que ofrecen diversos beneficios para la salud, entre los cuales se incluyen flavonoides, ácidos fenólicos, carotenoides, glucósidos feniletanoides y polisacáridos. Estos compuestos desempeñan un papel crucial en la reducción del estrés oxidativo, que se refiere a un desequilibrio entre la producción de especies reactivas de oxígeno (ROS) y la capacidad del cuerpo para detoxificarlas o repararlas. Este estrés está asociado con diversas enfermedades crónicas, incluyendo enfermedades cardiovasculares, diabetes y cáncer (Kandyliis, 2022). Los compuestos bioactivos impactan favorablemente el metabolismo, destacando su acción antioxidante, antiinflamatoria, anticancerígena, antidiabética y hepatoprotectora (Tabla 4). (Pinakin et al., 2020). Se ha reportado que la acción antioxidante de algunas flores comestibles es más alta en comparación con los vegetales y frutas comunes (Benvenuti, 2016). Los flavonoides son los compuestos fenólicos más abundantes presentes en las flores comestibles; el principal ácido fenólico presente es el ácido cafeoilquínico; mientras que la cianidina-3-O-glucósido es la principal antocianina detectada (Pires et al., 2019). Los estudios científicos que evalúan el beneficio en la salud relacionado con el consumo de flores comestibles han incrementado desde el 2015 (Zheng, 2021).

Tabla 4. Algunas propiedades de flores comestibles

Propiedades	Flores comestibles
Antioxidante	Capuchina, viola, crisantemo, bauhinia, rosa, woodfordia
Neuroprotectiva	Hibisco, caléndula, madreSelva
Antidiabética	Woodfordia, butea monosperma, malva silvestre, bauhinia
Antimicrobiana	Caléndula, capuchina, rosa, hibisco
Hepatoprotectiva	Capuchina, hibisco, Cassia auriculata, algodónero rojo, woodfordia.
Antiobesidad	Hibisco, tropaeolum, viola, rosa.
Anticancerígena	Caléndula, bauhinia, hibisco, crisantemo
Antiinflamatoria	Rosa, crisantemo, hibisco, viola, madreSelva, lirio de día

Fuente: Kumari y Bhavya (2021).

5.5. Características morfológicas de la flor de yucca

En México, a la flor de yucca también se le denomina chocha, flor de izote o flor de palma. Las flores de yucca se agrupan en inflorescencias que tienen forma de panícula, organizadas en racimos con ramas laterales que también se ramifican. Estas inflorescencias pueden medir entre 1 y 2.5 m de largo y pueden presentarse en posiciones erectas o colgantes. Las ramificaciones más centrales son las más largas y cada una puede albergar entre 15 y 20 flores, sumando un total de hasta 100 por panícula (Jolly et al., 2021).

Las flores pueden ser campanuladas o globosas, péndulas o extendidas, dependiendo de la especie. Están formados por seis tépalos (3 pétalos y 3 sépalos), con 1.5 cm a 4.5 cm de longitud en forma curvada o libre y en ocasiones están unidos en su base de forma ligera. Las flores miden entre 5 y 13 cm de largo (Figura 3). Su coloración es blanca y a veces blanco crema, pero puede presentar tonos rosados, morados, amarillos o verdosos, dependiendo de la especie. Presentan seis estambres independientes que se insertan en la parte basal de los segmentos. El ovario se ubica sobre el receptáculo (súpero), es trilobular y tienen abundantes óvulos (García-Mendoza, 1998).



Figura 3. Flor de yucca

Fuente: autoría propia.

Algunas flores, como la de yucca, no son tan comercializadas debido al corto periodo de floración o de vida útil; sin embargo, sí son comercializadas y consumidas por poblaciones locales como alimento y medicina. Por ello, se requieren estrategias de conservación y comercialización para aumentar su consumo (té, mermelada, ensaladas y bebidas), y oportunidades de trabajo para las poblaciones rurales que las cosechan (Laila et al., 2023).

5.6. Valor nutritivo y funcional de la flor de yucca

El creciente interés en los alimentos funcionales ha impulsado la búsqueda de nuevos alimentos beneficiosos para la salud. Una investigación realizada por Juárez-Trujillo et al. (2018) reveló que el carpelo y los pétalos de las flores de izote (*Yucca elephantipes*) eran ricos en fibra dietética total y ácidos grasos insaturados (ácido palmítico, linoleico y oleico). Las flores comestibles también tienen una concentración variable de macro y micronutrientes, lo que las hace aún más atractivas para el consumo, ya sea como parte de ensaladas o como decoración de platos *gourmet* (Mulik y Ozuna, 2020). De acuerdo con estudios reportados por Mora-Olivo et al. (2009), *Yucca treculeana* tiene 36.94 % de proteínas, 30.94% de carbohidratos y solo 1.09 % de grasas, colocándola a la par de los llamados superalimentos.

Además de sus características físicas, la yucca ha sido utilizada por comunidades indígenas para tratar diferentes dolencias. Estos beneficios llevaron a la aprobación, por parte de la FDA (Food and Drug Administration), del uso de especies de yucca en varios productos, especialmente en suplementos dietéticos para animales (Sahoo et al., 2016). De hecho, otros estudios afirman que las flores

de *Yucca* spp. contienen altos niveles de vitamina C, la cual ayuda a contrarrestar las enfermedades de las vías respiratorias, ayudar en la absorción de hierro y, por su capacidad antioxidante, contribuye a contrarrestar los efectos del envejecimiento prematuro (Mora-Olivo et al., 2009).

Pacheco-Hernández et al. (2024) analizaron las propiedades nutracéuticas del extracto hidroalcohólico y los compuestos fenólicos de las flores comestibles de *Yucca aloifolia* (también conocida como “flor de izote”), identificando varios compuestos fenólicos:

1. Ácido clorogénico: con un contenido de aproximadamente 16.5 mg/g en peso seco.
2. Quercetina y sus glucósidos: como quercetina-3-glucósido, con un contenido de alrededor de 9.5 mg/g.
3. Ácido ferúlico: aproximadamente 7.9 mg/g, que también se ha relacionado con propiedades antioxidantes.

Además, estos compuestos han demostrado tener potenciales efectos beneficiosos, como actividad antioxidante y propiedades antidiabéticas. Por ejemplo, ciertos extractos de flores de yucca pueden mejorar los perfiles de glucosa y lípidos en modelos experimentales.

Fathima et al. (2022) investigaron la actividad antidiabética del extracto de flor de yucca *filamentosa*, encontrando que los extractos de hidroetanol de esa flor producen una potente inhibición de la actividad enzimática de la alfa-amilasa y la alfa-glucosidasa, que son cruciales en el proceso de digestión de carbohidratos. Al reducir la actividad de estas enzimas, se puede disminuir la velocidad de absorción de los carbohidratos, lo que ayuda a evitar picos en los niveles de glucosa en sangre. Esto es beneficioso para personas con diabetes o resistencia a la insulina.

5.7. La flor de yucca como alimento

La flor de yucca es de los alimentos favoritos en la época de cuaresma, especialmente en el norte de México, donde son más comunes. De preferencia, se debe consumir cuando está tierna o en botón, y solo los pétalos blancos son comestibles (Figura 4) (Linares y Bye, 2011).



Figura 4. Flor de yucca en botón y madura

Fuente: autoría propia.

Para garantizar que las flores cortadas duren más, se requiere una humedad relativa alrededor del 90 %-95 %, además, requerirán una rehidratación adecuada una vez que hayan sido cosechadas de sus plantas de origen. Las flores comestibles frescas son muy perecederas y no conservan su frescura por mucho tiempo, por lo que es mejor usarlas recién recolectadas. Si no se consumen inmediatamente, se deben cosechar con sus tallos y colocarlas en un recipiente con un poco de agua y mantenerlas a una temperatura de 5 °C. El proceso tradicional de preparación de las flores antes del consumo es cociéndolas y desechando el caldo; de esta forma se disminuyen o eliminan las sustancias tóxicas (Sotelo et al., 2007). El sabor de la flor de yucca varía con la edad y la especie. Se deben cortar mientras las flores aún no se han abierto por completo, ya que maduras tienen un sabor amargo. Para su preparación, se seleccionan primero las flores más frescas, no se deben utilizar flores marchitas, polvorientas, viejas o descoloridas. Se cortan los pétalos quitando el talón en la base del pétalo (es amargo), se retira el pistilo y se lavan sumergiéndolos en un recipiente con agua potable agitándolos suavemente, ya que pueden tener larvas del polinizador, hormigas o insectos locales, además de microorganismos patógenos (*E. coli*, *Salmonella sp.* y *S. aureus*) y mohos, así como levaduras (Nicoalu y Gostin, 2016). Ahmed et al. (2024) discuten los métodos de preservación y extracción de fitoquímicos de las flores comestibles, que minimicen la pérdida de nutrientes y propiedades. Los estudios sugieren que algunas de las mejores prácticas incluyen:

1. *Cocción a baja temperatura*: este método ayuda a conservar los compuestos sensibles al calor, evitando la degradación de los nutrientes.
2. *Refrigeración y almacenamiento en frío*: mantener las flores a bajas temperaturas puede prolongar su vida útil y mantener sus propiedades organolépticas y nutricionales.
3. *Deshidratación*: métodos como el secado al aire o al horno a baja temperatura pueden ser útiles para preservar las flores, aunque es fundamental no exceder las temperaturas que puedan descomponer los compuestos bioactivos.
4. *Consumo fresco*: siempre que sea posible, consumir las flores crudas es ideal para obtener el máximo de sus beneficios nutricionales.

Las flores de yucca, flor de izote o chochas, se utilizan en diversas preparaciones culinarias, y existen varias recetas que destacan su versatilidad en la cocina. Aquí hay algunas formas de preparar platos con estas flores:

- a) *Salteado de flores de yucca*: las flores se pueden separar de los pistilos y estambres, y luego saltear en aceite de oliva junto con cebolla hasta que estén suaves. Se pueden servir como acompañamiento o mezclarse con otros ingredientes (Smith, 2018).
- b) *Omelet de flor de yucca*: esta es una receta popular donde se usan los pétalos de las flores. Se preparan huevos batidos y se mezclan con los pétalos de yucca salteados junto con cebollas y hierbas. Se puede añadir queso al final (Hill, 2021).
- c) *Flor de izote con chorizo*: se hierven las flores para suavizarlas y luego se mezclan con chorizo, cebolla, y otros ingredientes en un sartén. Se sirven con tortillas, aguacate y crema, creando un plato completo y sabroso (Hopkins, s.f.).
- d) *Frituras de flores de yucca*: las flores se pueden rebozar y freír, creando un aperitivo crujiente. Este método resalta el sabor sutil de las flores y las hace una opción popular en varias cocinas (Brown, s.f.).
- e) *Chochas con huevo*: los pétalos o los botones florales se pican y se fríen ligeramente en aceite y se les agrega ajo y chile piquín molidos en molcajete. Finalmente, se le agrega huevo y sal al gusto y se consumen con tortillas o en las tradicionales gorditas (Mora-Olivo et al., 2009).

Lo anterior son algunos ejemplos de cómo se pueden preparar las flores comestibles de yucca. Estas recetas realzan el sabor de las flores y mantienen sus propiedades nutricionales.

Discusión

La yucca, particularmente *Yucca filamentosa*, es una especie autóctona de México que destaca no solo por su adaptabilidad en entornos áridos, sino también por sus valiosas flores comestibles. Son ricas en compuestos bioactivos como antioxidantes y flavonoides que representan una fuente de nutrientes que podría abordar problemas de salud pública, como la diabetes y la obesidad. El consumo de flores de yucca, junto con otras plantas autóctonas, puede fomentar una dieta más equilibrada en comunidades que enfrentan problemas de mala alimentación. Al reintroducir estas flores en la cocina tradicional, se promueve la biodiversidad alimentaria y también se apoya la economía local, ya que la recolección y comercialización de estas plantas pueden ofrecer alternativas económicas y sostenibles.

Es crucial crear conciencia sobre los beneficios de las flores de yucca y otras plantas autóctonas, resaltando su papel en la nutrición y en la prevención de enfermedades. Programas educativos y de promoción pueden ayudar a revitalizar su uso, proporcionando a las comunidades herramientas para mejorar su salud a través de la alimentación, al mismo tiempo que se preservan las tradiciones culinarias locales. Incorporar estas prácticas podría reducir los índices de enfermedades relacionadas con la dieta en la población mexicana, fomentando un regreso a los alimentos nutritivos que han estado presentes en su cultura alimentaria durante siglos.

Conclusiones

Las flores comestibles representan una fuente alternativa de nutrientes esenciales en la alimentación humana. Las diversas especies de yucca son recursos biológicos cruciales en los ecosistemas donde se desarrollan. Tradicionalmente, estas flores han sido utilizadas por las comunidades de las regiones semidesérticas, donde es abundante. La flor de yucca, conocida como chocha o flor de izote, no solo enriquece la dieta de la población durante su temporada de floración, sino que también aporta beneficios nutricionales y funcionales que la han convertido en un alimento representativo en estas áreas.

En este capítulo se abordaron aspectos clave de la flor de yucca, resaltando sus propiedades beneficiosas y su potencial como alimento autóctono. Sin embargo, es esencial desarrollar un perfil nutricional y toxicológico que garantice la inocuidad de estas flores para fomentar su consumo. Además, se recomienda la creación de un manual que describa las mejores prácticas para el manejo de la planta, incluyendo su cultivo, cosecha, transporte y almacenamiento, así como métodos de preparación y conservación.

La introducción comercial de la flor de yucca en las cadenas de suministro puede lograrse mediante la formulación de productos alimenticios innovadores. La aplicación de tecnologías alimentarias permitirá ofrecer alternativas atractivas al mercado, aumentar el conocimiento y el consumo de esta valiosa flor comestible, contribuir a la sostenibilidad y preservar las tradiciones culinarias de las regiones donde se maneja y cultiva.

Este capítulo es uno de los productos científicos del proyecto: RENAJEB-2024-9 Jardín Etnobiológico Anacahuita, base para el establecimiento de una red de espacios destinados al rescate, educación y conservación biocultural de Tamaulipas.

Referencias

- Ahmed, J., Singh, A. K. y Malik, A. (2024). Processing of edible flowers: Preservation and extraction of phytochemicals. *International Journal of Phytochemistry*, 13(5), 130-143. <https://www.phytojournal.com/archives/2024.v13.i5.B.15066/processing-of-edible-flowers-preservation-and-extraction-of-phytochemicals>
- Amasino, R. M., Cheung, A. Y., Dresselhaus, T. y Kuhlemeier, C. (2017). Focus on flowering and reproduction. *Plant Physiology*, 173(1), 1-4. <https://doi.org/10.1104/pp.16.01867>
- Antosh, G. (s.f.). Yucca flower: How to handle a flowering yucca plant. *Plant Care Today*. <https://plantcaretoday.com/yucca-flower.html>
- Arteaga, M. C., Bello-Bedoy, R. y Gasca-Pineda, J. (2020). Hybridization Between Yuccas from Baja California: Genomic and Environmental Patterns. *Frontiers in Plant Science*, 11(685), 1-11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00685>
- Benvenuti, S., Bortolotti, E. y Maggini, R. (2016). Antioxidant power, anthocyanin content and organoleptic performance of edible flowers. *Scientia Horticulturae*, 199(6), 170-177. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.052>
- Benvenuti, S. y Mazzoncini, M. (2021). The Biodiversity of Edible Flowers: Discovering New Tastes and New Health Benefits. *Frontiers in Plant Science*, 11(569499), 1-14. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.569499>
- Brown, S. (s.f.). Eating yucca flowers. *Honest Food*. <https://honest-food.net/eating-yucca-flowers/>
- Chen, K., Zhang, M., Bhandari, B. y Mujumdar, A. (2021). Edible flower essential oils: A review of chemical compositions, bioactivities, safety, and applications in food preservation. *Food Research International*, 139, 109809. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109809>
- Cheeke, P. R., Piacente, S. y Oleszek, W. (2006). Anti-inflammatory and anti-arthritic effects of *Yucca schidigera*: a review. *Journal of Inflammation*, 3(6), 1-7. <https://doi.org/10.1186/1476-9255-3-6>
- Colindres, A. M. y Recinos, R. H. (2013). Determinación del análisis fitoquímico preliminar y proximal de las flores y tallo joven de *Yucca Guatemalensis* (Izote) y *Rytidostylis Gracilis* (Cochinito) [Tesis de licenciatura, Universidad del Salvador]. Repositorio SV. <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4776/1/16103394.pdf>
- Culhuac, E. B., Maggolino, A., Elghandour, M. M., De Palo, P. y Salem, A. Z. M. (2023). Antioxidant and Anti-Inflammatory Properties of Phytochemicals Found in the *Yucca* genus. *Antioxidants*, 12(3), 1-45. <https://doi.org/10.3390/antiox12030574>
- Dos Santos, I. C. y Novaes, R. S. (2021). Edible flowers: traditional and current use. *Ornamental Horticulture*, 27(4), 438-435. <https://doi.org/10.1590/2447-536X.v27i4.2392>

- Fathima, S., Kalai Selvi, B. y Thamizharasan, S. (2022). In vitro antidiabetic activity of *Yucca filamentosa* flower extract. *PARIPEX - Indian Journal of Research*, 11(3), 24-26. https://www.worldwidejournals.com/paripex/fileview/in-viro-antidiabetic-activity-of-yucca-filamentosa-flower-extract_March_2022_9417161927_2302665.pdf
- Fernandes, L., Casal, S. Pereira, J. A., Saraiva, J. A. y Ramalhosa, E. (2019). An Overview on the Market of Edible Flowers. *Food Reviews International*, 36(2), 1-19. DOI:10.1080/087559129.2019.1639727
- Galindo, D. V., Juárez, P. y Tejacal, I. A. (2017). Florifagia. *Hypatia*, (57), 15-16. <https://revistahypatia.org/biologia-revista-57.html>.
- García-Mendoza, A. J. (2011). *Agavaceae. Fasc. 88. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Instituto de Biología, UNAM.
- _____. (1998). Una nueva especie de *Yucca* (Agavaceae) de Oaxaca y Puebla, México. *Acta Botanica Mexicana*, (42), 1-5. <https://abm.ojs.incol.mx/index.php/abm/article/view/792/0>
- Gaskett, A. C., Tashiro, S. y Fitt, W. (2019). Genetic consequences of specialization: *Yucca* moth behavior and self-pollination. *Biological Journal of the Linnean Society*, 136(2), 364-374. <https://doi.org/10.1093/biolinnean/blz051>
- Guillot, O. D. y Van der Meer, P. (2009). *El género Yucca L. en España*. Jolube Editor y Consultor Ambiental. https://bibdigital.rjb.csic.es/medias/98/cc/63/c2/98cc63c2-383f-42b3-8cd9-f825e1749e12/files/Mon_Rev_Bouteloua_02.pdf
- Hill, J. (2021). Yucca flower omelet recipe. *Cooking Sessions*. https://cookingssessions.com/yucca-flower-omelet-recipe/#google_vignette
- Hopkins, J. (s.f.). Flor de izote con chorizo. *Umami Mart*. <https://umamimart.com/blogs/main/hopkins-buffet-flor-de-izote-con-chorizo>
- Jolly, R., Lujan, A. J. y Lettenmaier, D. P. (2021). Leaf venation and morphology help explain physiological variation in *Yucca brevifolia* and *Hesperoyucca whipplei* across microhabitats in the Mojave Desert, CA. *Frontiers in Plant Science*, 11(578338), 1-11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.578338>
- Kandylis P. (2022). Phytochemicals and Antioxidant Properties of Edible Flowers. *Applied Sciences*, 12(19), 9937. <https://doi.org/10.3390/app12199937>
- Keeley, J. E., Keeley, S. C. y Ikeda, D. A. (1986). *Seed predation by yucca moths on semelparous, iteroparous and vegetatively reproducing subspecies of Yucca whipplei*. U.S. Geological Survey. <https://www.usgs.gov/publications/seed-predation-yucca-moths-semelparous-iteroparous-and-vegetatively-reproducing>
- Kucukkurt, I., Küpeli Akkol, E., Karabag, F., Ince, S., Süntar, I., Eryavuz, A. et al. (2016). Determination of the regulatory properties of *Yucca schidigera* extracts on the biochemical parameters and plasma hormone levels associated with obesity. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 26(2), 246-250. <https://doi.org/10.1016/j.bjrp.2015.12.005>

- Kumari, P., Ujala, D. y Bhargava, B. (2021). Phytochemicals from edible flowers: Opening a new arena for healthy lifestyle. *Journal of Functional Foods*, 78, 104375. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2021.104375>
- Laila, U., Ahsan, M., Akram, M., Ifikhar, M., Rangasamy, S., Garcia-Sierra, F. et al. (2023). Consumption of flowers and their medicinal properties. *Journal of Science Technology and Research*, 4(1), 157-166. <https://philarchive.org/rec/UMMCOF>
- Linares, E. y Bye, R. (2011). Flores comestibles en México. *Ciencia y Desarrollo*, 237(253), 35-40.
- _____. (2016). Traditional Markets in Mesoamerica: A Mosaic of History and Traditions. En Lira, R., Casas, A., Blancas, J. (Eds.), *Ethnobotany of Mexico* (pp. 151-177). Ethnobiology. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6669-7_7
- López-Ramírez, Y., Palomeque-Carlín, A., Chávez Ortiz, L. I., de la Rosa-Carrillo, M. L. y Pérez-Molphe-Balch, E. (2018). Micropropagation of Yucca Species. En V. Loyola-Vargas y N. Ochoa-Alejo. (Eds.), *Plant Cell Culture Protocols* (pp. 171-177). Humana Press. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8594-4_10
- Lyubitelev, A. y Studitsky, V. (2023). Inhibition of cancer development by natural plant polyphenols: Molecular mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(13), 10663. <https://doi.org/10.3390/ijms241310663>
- Marcos-Gómez, R., Vera-Guzmán, A. M., Pérez-Ochoa, M. L., Martínez-Martínez, L., Hernández-Delgado, S., Martínez-Sánchez, D. et al. (2024). Phenolic compounds and antioxidant activity in edible flower species from Oaxaca. *Applied. Sciences*, 14, 31-36. <https://doi.org/10.3390/app14083136>
- Matuda, E. y Piña-Luján, I. (1980). *Las plantas mexicanas del género Yucca*. Colección Miscelánea Estado de México.
- Mexicanist. (2023). *Edible flowers: A traditional and nutritious delicacy in Mexican cuisine*. <https://www.mexicanist.com/1/edible-flowers-mexican-cuisine/>
- Mora-Olivo, A., Hurtado-González, M., Gaona-García, G. y Treviño-Carreón, J. (2009). Chochas: Las flores comestibles del desierto. *CienciaUAT*, 4(2), 10-13. <https://revistaciencia.uat.edu.mx/index.php/CienciaUAT/article/view/353>
- Muilk, S. y Ozuna C. (2020). Mexican edible flowers: Cultural background, traditional culinary uses, and potential health benefits. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 21, 100235. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2020.100235>
- Nicolau, A. I. y Gostin, A. I. (2016). Chapter 21 - Safety of Edible Flowers. *Regulating Safety of Traditional and Ethnic Foods*, 2016, 395-419. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800605-4.00021-9>

- Oztasan, N. (2013). The effects of *Yucca schidigera* on blood glucose and lipid levels in diabetic rats. *Global Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 1(1), 52-56. <https://www.globalscienceresearchjournals.org/articles/the-effects-of-yucca-schidigera-on-blood-glucose-and-lipid-levels-in-diabetic-rats.pdf>
- Pacheco-Hernández, Y., Lozoya-Gloria, E., Velásquez-Hernández, F. E., Ramírez-García, S. A., Varela-Caselis, J. L. y Villa-Ruano, N. (2024). Nutraceutical properties of the hydroalcoholic extract and phenolic compounds from *Yucca aloifolia* edible flowers. *Chemistry & Biodiversity*, 21(9), e202401331. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39031675/>
- Paterson, S. (2017). Yucca Flowers: Reasons Why A Yucca Plant Doesn't Bloom. *Gardening Know How*. <https://www.gardeningknowhow.com/ornamental/foilage/yucca/yucca-plant-doesnt-bloom.htm>
- Pecio, Ł., Kozachok, S., Brinza, I., Boianuiu, R. S., Hritcu, L., Mircea, C. et al. (2022). Neuroprotective Effect of *Yucca schidigera* Roetzl ex Orgies Bark Phenolic Fractions, Yuccaol B and Gloriosol A on Scopalamine-Induced Memory Deficits in Zebrafish. *Molecules*, 27(12), 3692. <https://doi.org/10.3390/molecules27123692>
- Pérez-Quilantán, L.M., Mora-Olivo, A. y Medellín-Morales, S. (2005). Las plantas comestibles silvestres. En G. Sánchez-Ramos, P. Reyes y R. Dirzo. (Eds.), *Historia Natural de la Reserva de la Biósfera El Cielo, Tamaulipas, México. Tamaulipas, México* (pp. 604-609). Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- Pinakin, D.J., Kumar, V., Suri, S., Sharma, R. y Kaushal, M. (2020). Nutraceutical potential of tree flowers: A comprehensive review on biochemical profile, health benefits, and utilization. *Food Research International*, 127, 108724. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108724>
- Pires, T., Días, M. I., Barros, L. y Ferreira, I. (2017). Nutritional and chemical characterization of edible petals and corresponding infusions: Valorization as new food ingredients. *Food Chemistry*, 220, 337-343. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.026>
- Ran, X. L., Zhang, M., Wang, Y. y Adhikari, B. (2019). Novel technologies applied for recovery and value addition of high value compounds from plant byproducts: A review. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 59(3), 450-461. <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1377149>
- Rentería, L. y Cantú, C. (2003). El efecto de *Tegeticula yuccasella* Riley (Lepidoptera: Prodoxidae) sobre la fenología reproductiva de *Yucca filifera* Chabaud (Agavaceae) en Linares, NL, México. *Acta Zoológica Mexicana*, (89), 85-92.
- Sahoo, S. P., Kaur, D., Sethi, A. P. S., Chandrabhas, S. A. L. y Chandra, M. (2016). Effect of Dietary Supplementation of *Yucca schidigera* Extract on the Performance and Litter Quality of Broilers in Winter Season. *Animal Nutrition and Feed Technology*, 16(3), 475-484. 10.5958/0974-181X.2016.00043.3

- Scariot, V., Ferrante, A. y Romano, D. (2022). Editorial: Edible flowers: Understanding the effect of genotype, preharvest, and postharvest on quality, safety, and consumption. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1-4. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1025196>
- Smith, J. (2018, 20 de mayo). Yucca blossoms: A savory edible flower. *Backyard Forager*. <https://backyardforager.com/yucca-blossoms-a-savory-edible-flower/>
- Sotelo, A., López, G. S. y Basurto, P. F. (2007). Content of nutrient and antinutrient in edible flowers of wild plants in Mexico. *Plant Foods for Human Nutrition*, 62(3), 133-138. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17768684/>
- Sun, D., Jin, X., Shi, B., Su, J., Tong, M. y Yan, S. (2017). El extracto dietético de *Yucca schidigera* mejoró el rendimiento del crecimiento y la función antioxidante del hígado en pollos de engorde. *Revista Italiana de Ciencia Animal*, 16(4), 677-684. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2017.1302826>
- Takahashi, J. A., Rezende, F. A. G. G., Moura, M. A. F., Dominguet, L. C. B. y Sande, D. (2020). Edible flowers: Bioactive profile and its potential to be used in food development. *Food Research International*, 129, 108868. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108868>
- Utah State University. (s.f.). *Yucca*. <https://extension.usu.edu/rangeplants/shrubs-and-trees/yucca>
- Villavicencio, M. A. y Pérez-Escandón, B. E. (1995). Tipos de fruto de *Yucca filifera* y formas asociadas de *Tegeticula yuccasella* (Lepidoptera). *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 57, 121-123.
- Zheng, J., Lu, B. y Xu, B. (2021). An update on the health benefits promoted by edible flowers and involved mechanisms. *Food Chemistry*, 340, 127940. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127940>
- Zúñiga-Serrano, A., Barrios-García, H. B., Anderson, R. C., Hume, M. E., Ruiz-Albarrán, M., Bautista-Martínez, Y. et al. (2022). Antimicrobial and digestive effects of *Yucca schidigera* extracts related to production and environment implications of ruminant and non-ruminant animals: A review. *Agriculture*, 12(8), 1198. <https://doi.org/10.3390/agriculture12081198>

Algunas obras del mismo coordinador:

- *Manual de prácticas de Laboratorio de Tecnología de Alimentos I*
- *Perspectivas actuales y tendencias en la producción y aprovechamiento integral de cítricos en México*

Consulta estos títulos dentro del catálogo de Libros UAT del Consejo de Publicaciones en el siguiente enlace:



<https://libros.uat.edu.mx>

 <https://publicaciones.uat.edu.mx>

Equipo editorial

Coordinación: Venancio Vanoye Eligio

Gestión y administración: Jessica Abigail Rodríguez Tinajero, María Teresa Maldonado Sada

Revisión y corrección de estilo: José Luis Énder Velarde García, Jorge Alberto Vázquez Herrera

Diseño y maquetación: Erika González Navarro, Wendy Castillo Cruz, Lorena E. Cortez Rodríguez

Aprovechamiento nutricional y funcional de alimentos autóctonos
de Melissa Daniela González Hinojosa, Melissa Hazel García Vallejo
y Juan Francisco Castañón Rodríguez, coordinadores,
publicado por la Universidad Autónoma de Tamaulipas y
Editorial Fontamara en mayo de 2025. La revisión y diseño editorial
correspondieron al Consejo de Publicaciones UAT.

Las tendencias mundiales en alimentación indican que los consumidores no solo eligen los alimentos por su valor nutritivo, sino por sus beneficios adicionales que les permitan un mayor bienestar. Los hábitos nutricionales han evolucionado a través del tiempo. La sociedad dirige su atención a la búsqueda de nuevos productos alimenticios con mejores propiedades nutricionales y funcionales para un estado óptimo de salud biopsicosocial.

Los alimentos que han sido consumidos por las sociedades indígenas han obtenido reconocimiento por tener aplicaciones potenciales en las industrias alimentarias, farmacéuticas, químicas, agropecuarias; por ejemplo, el nopal, que es un alimento muy noble tanto en su cultivo como en sus múltiples propiedades.

El presente libro compila investigaciones documentales de varios profesores-investigadores, que obtuvieron información relevante en cuanto a la descripción del alimento, su taxonomía, características morfológicas, importancia socioeconómica, comercialización, composición química, propiedades nutritivas y funcionales; aplicaciones y productos; las perspectivas y tendencias en el desarrollo de nuevos productos.

Estos alimentos forman parte de la dieta de la población mexicana y de los tamaulipecos y también forman parte de su cultura alimentaria: la tuna, el huilacoché, jacubes, nopal y la flor de Yuca.

Esta obra aborda los múltiples beneficios que conlleva su introducción en la dieta, resaltando sus componentes nutritivos y funcionales.

ISBN UAT: 978-607-8888-74-0

ISBN Fontamara: 978-607-736-978-3

