

# Propiedades de semillas y cáscaras de frutos del desierto mexicano

## Properties of seeds and peels of Mexican desert fruits

Gabriela Michel Nuñez-Rivera<sup>1</sup>, Yadira Ramírez-Rodríguez<sup>2</sup>, Victoria Ramírez<sup>3</sup>, Daniela Joyce Trujillo-Silva<sup>4</sup>

Fecha de recepción: 28 de enero de 2022

Fecha de aceptación: 5 de abril de 2022

**Resumen** - Las zonas áridas y semiáridas mexicanas representan el 65 % del territorio nacional y el 50 % de la flora del desierto mexicano es endémica y está acompañada de un amplio conocimiento local y tradicional. Existen frutas de cactus que se están produciendo tecnológicamente; sin embargo, otros frutos o bien partes del fruto de cactus (semillas y cáscaras) están subutilizados o desechados, poco estudiados y que podrían promoverse para un uso sostenible como materiales valiosos con aplicaciones en recubrimientos, biopolímeros y micro-encapsulación en la industria cosmética, alimentaria y agrícola, además del sector salud. Los géneros de *Opuntia ficus-indica*, *Hylocereus* sp., *Stenocereus* spp. y *Myrtillocactus geometrizans* contienen compuestos bioactivos asociados con beneficios para la salud. El propósito de esta revisión es recopilar los estudios sobre las propiedades nutricionales y funcionales de las semillas y cáscaras de las frutas de cactus seleccionadas, para establecer brechas de conocimiento y la dirección de futuras investigaciones.

**Palabras claves:** Antioxidantes, *cactaceae*, compuestos bioactivos.

**Abstract** - The arid and semi-arid regions of Mexico represent 65 % of the national territory and 50 % of Mexican dryland floras are endemic and accompanied by ample local and traditional knowledge. There are types of cactus fruits that are being technologically produced. However, there are other components such as seeds and peels that are underutilized or being wasted, which are little studied and could be promoted for sustainable use as valuable materials with applications in coating food, as biopolymers in the cosmetic industry, food, and agriculture, in addition to health area. The genera of *Opuntia ficus-indica*, *Hylocereus* sp., *Stenocereus* spp. and *Myrtillocactus geometrizans* contain bioactive compounds in seeds and peels that are associated with antioxidant and nutritional benefits. The purpose of this review is to compile the nutritional and functional properties of the seeds and peels of selected cactus fruits, to establish knowledge gaps and the direction of future research.

**Keywords:** Antioxidants, *cactaceae*, bioactive compounds.

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Facultad de Medicina. San Luis Potosí, 78210. México. ORCID 0000-0001-5335-8098. gaby.nuez98@gmail.com

<sup>2</sup> División de Biología Molecular, Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica (IPICYT), San Luis Potosí, S.L.P. 78216. México. ORCID 0000-0002-7896-3953. yadira.ramirez@ipicyt.edu.mx

<sup>3</sup> ©Departamento de Cirugía Experimental. Instituto Nacional de Ciencias médicas y Nutrición Salvador Zubiran. Tlalpan 14080, Ciudad de México. México. ORCID 0000-0002-2782-1381. victoria.ramirezg@incmnsz.mx

<sup>4</sup> Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología-Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica-División de Materiales Avanzados (CONACYT-DMA-IPICYT), San Luis Potosí, 78216. México. Autora de correspondencia. \*Correo electrónico: daniela.trujillo@ipicyt.edu.mx. ORCID 0000-0002-6419-2932.

## INTRODUCCIÓN

**M**éxico tiene una diversidad de zonas climáticas, predominantemente tierras secas, que ocupan poco más de la mitad del territorio del país. Dentro de esta área, el 15.7 % representa zonas áridas, el 58 % zonas semiáridas y el 26.3 % restante corresponde a zonas subhúmedas secas (SEMARNAT, 2019, p.120). Las tierras secas mexicanas poseen una enorme riqueza biótica y cultural, y aproximadamente el 50 % de su flora es endémica y va acompañada de amplios conocimientos locales y tradicionales. Los cactus son una familia de plantas que habitan en estos ecosistemas, de los cuales el 47.7 % son endémicos con 518 especies y 35 con potencial para cultivo y la obtención de forrajes, vegetales y frutas como lo afirma SEMARNAT (2016).

Los frutos del cactus poseen un potencial nutricional, medicinal y socioeconómico para el desarrollo sostenible del país. Dentro de los géneros de las cactáceas que producen frutos comestibles para el ser humano, destacan el género *Opuntia ficus-indica*, *Hylocereus* sp., *Stenocereus* spp. y *Myrtillocactus geometrizans*, en menor proporción están *Echinocactus* sp., *Echinocereus enneacanthus*, *Escotia chiotilla*, *Ferocactus* sp., y *Mammillaria* sp., sus frutos son las tunas, pitahayas, pitayas, garmbullos, biznaga dulce, alicoches, jiotilla, “borrachitas” y “chilitos”, respectivamente (Ramírez-Rodríguez *et al.*, 2020).

La obtención de estos frutos se realiza principalmente mediante la recolección silvestre y en algunos casos también se realizan algunos cultivos (Pimienta-Barrios y Nobel, 1994); los frutos son consumidos localmente en estado fresco por las comunidades de quienes lo recolectan o cultivan (Heinrich *et al.*, 2014). Se ha descrito que los frutos tienen un alto valor nutricional, debido al contenido en fibra dietética, proteínas, minerales, vitaminas y compuestos bioactivos con propiedades benéficas tanto por conocimiento tradicional como científico (Heinrich *et al.*, 2014; Meza-Nivón, 2011, p.226).

Dentro de las propiedades funcionales que se han destacado sobre los frutos comestibles destacan inducir la disminución en los niveles de glucosa y lípidos en sangre, actúan contra bacterias, hongos, picaduras de insectos y serpientes, hemorragias, problemas gastrointestinales, presión elevada, inflamación, obesidad y cáncer; también se ha descrito su uso para la conservación de alimentos y como colorantes naturales rojos y amarillos, entre otros (Anderson *et al.*, 2001; Ciriminna *et al.*, 2019). No obstante, poco se ha descrito del uso y las propiedades nutricionales y/o medicinales de las cáscaras o las semillas de estos frutos, en esta revisión nos centraremos en cuatro de los frutos que tienen pocos estudios al respecto.

En los productos vegetales, su calidad depende de la cantidad y calidad de los macro y micronutrientes que contienen, y el contenido de compuestos bioactivos que pueden tener un mecanismo de acción complementario y/o superpuesto (Urango *et al.*, 2009). Un componente bioactivo de un alimento es aquel que aporta un beneficio a la salud más allá de los considerados como nutrición básica.

Los compuestos bioactivos o fitoquímicos se encuentran en frutas y verduras y se clasifican en tres grandes grupos: terpenoides (carotenoides y esteroides); compuestos fenólicos (flavonoides como los fitoestrógenos o la quercetina, el flavonoide más habitual en la dieta) y los compuestos azufrados (Carbajal, 2013, p.1). Y se diferencian de tres aspectos importantes: 1) las funciones (papel esencial), 2) las acciones (respuestas, beneficiosas o adversas, fisiológicas o farmacológicas) y 3) las asociaciones (correlaciones de los compuestos bioactivos con algún aspecto o finalidad fisiológica o clínica que puede o no mostrar una relación causal (Carbajal, 2013, p.1).

Estudios científicos confirman que el consumo de frutas y vegetales, por su contenido de nutrientes y compuestos bioactivos, especialmente de antioxidantes, es una estrategia efectiva y segura en la prevención de enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades degenerativas (Morales *et al.*, 2015).

El impacto de las enfermedades crónicas no transmisibles, como incremento en la presión arterial, la diabetes, niveles elevados de lípidos en sangre (colesterol y triglicéridos) y el síndrome metabólico, es cada vez mayor. Actualmente son causa del 71 % de las muertes en el mundo como afirma la OMS (2018; 2020); además, datos actuales indican que alrededor de 500 millones de personas son obesas, el nivel más alto de obesidad se registra en la región de las Américas, incluyendo a México y el más bajo en el sudeste asiático, la obesidad representa un impacto en el riesgo de otras enfermedades como diabetes, problemas de corazón, cáncer como afirma la OMS (2020), y actualmente el síndrome respiratorio agudo severo coronavirus 2 (Chang *et al.*, 2021)

Este artículo presenta una revisión bibliográfica sobre el uso y las propiedades nutricionales y/o medicinales de cuatro frutos de cactáceas mexicanas de las cuales se tiene referencia de estudios sobre propiedades, particularmente de semillas y/o cáscara.

## **1. FRUTOS DE CACTUS MEXICANOS**

### **1.1 TUNA (*OPUNTIA* SPP.)**

*O. ficus-indica* (L.) Mill., comúnmente llamado nopal, pertenece a la familia de las angiospermas dicotiledóneas Cactaceae, una familia que incluye alrededor de 1500 especies de cactus. *O. ficus-indica* es una planta tropical y subtropical. Puede crecer en climas áridos y semiáridos con una distribución geográfica que abarca México, América Latina, Sudáfrica y países mediterráneos. México es considerado una de las principales áreas con mayor diversidad genética de *Opuntia* que incluye de 150-180 especies y, en la última década, académicos y empresas privadas han proporcionado pruebas convincentes del potencial de benéfico nutricional y medicinal de la *Opuntia* spp. (Cota-Sánchez, 2016).

El fruto del nopal es la tuna, que tiene una cáscara gruesa con espinas muy finas, pulpa y semillas abundantes. Su pulpa es dulce, de acidez limitada y tiene un peso variable entre 43 y 220 g (Cota-Sánchez, 2016) y con semillas comestibles que oscilan 0.3-0.5 mm (Kumar y Sharma, 2020). La pulpa de la tuna suele ser de color verde medio, pero puede ser blanca, verde, amarilla, naranja, roja y morada debido a su madurez.; también el grado de madurez influye en la producción de diversos metabolitos secundarios que pueden aportar color (Mohamed *et al.*, 2020).

Actualmente, este fruto es el más estudiado y con mayor número de reportes científicos, donde describen la presencia de cantidades importantes de compuestos antioxidantes como: flavonoides, ácidos fenólicos, betalaínas, ácido ascórbico, vitamina E, lignanos, carotenoides; excelente aporte de fibra, aminoácidos, ácidos grasos poliinsaturados, esteroides y ácidos orgánicos, que se han asociado a beneficios para la salud como: reducir los niveles séricos de glucosa y lípidos, además actúa contra bacterias, hongos, estrés oxidante, inflamación, obesidad, niveles altos en los niveles de glucosa y lípidos, protege al corazón y se ha empleado como diurético, y prebiótico (Amaya-Cruz *et al.*, 2019; Babitha *et al.*, 2019; Aruwa *et al.*, 2018; Ramírez-Rodríguez *et al.*, 2020).

### **1.2 PITAHAYA (*HYLOCEREUS* SP.)**

Los cactus trepadores del género *Hylocereus* sp. son nativos de las regiones tropicales de América del Norte, Central y América del Sur y se conocen en América Latina con el nombre común de pitahaya (Esquivel, 2004). También es nombrada “fruta del dragón”, incluye alrededor de 17 especies (principalmente *Hylocereus undatus*, *Hylocereus purpussi*, *Hylocereus triangularis* y *Hylocereus ocamponis*). Las flores de este cactus son blancas, aterciopeladas y nocturnas (Ortiz-Hernandez *et al.*, 2012; Rivera *et al.*, 2010).

El fruto es dulce y jugoso, de pulpa blanca, roja o morada y con numerosas semillas pequeñas, negras y brillantes; se produce de junio a noviembre (Rivera *et al.*, 2010). Esta fruta ha ganado popularidad en Europa y Estados Unidos por su apariencia exótica e impresionante.

Además, es la segunda con mayor cantidad de estudios publicados de los frutos de cactus, los cuales evalúan las propiedades funcionales del fruto, se considera una fruta rica en nutrientes y en compuestos bioactivos como: flavonoides, betalaínas, carotenoides, ácidos grasos, esteroides, y triterpenos.

La presencia de estos compuestos se ha asociado a efectos benéficos contra bacterias, estrés oxidante, toxicidad en hígado (uso excesivo de medicamentos), inflamación, obesidad, cáncer, niveles altos en los niveles de glucosa y lípidos, protege al corazón y se ha empleado como diurético y prebiótico, por lo es considerado un alimento con potencial nutraceutico (Ibrahim *et al.*, 2018; Yong *et al.*, 2019).

### 1.3 PITAYA (*STENOCEREUS* spp.)

*Stenocereus* (A. Berger) Riccob, es un cactus columnar con una amplia distribución desde el suroeste de los EE.UU., México, Colombia, Costa Rica, hasta Venezuela en América del Sur. Incluye 24 especies, el 80 % de las cuales se distribuyen en los estados de Jalisco, Nayarit, Colima, Michoacán, Guanajuato, San Luis Potosí, Querétaro, Guerrero, Sinaloa, Sonora, Oaxaca y Puebla. Se han identificado ocho especies: *Stenocereus thurberi*, *Stenocereus queratoensis*, *Stenocereus griseus*, *Stenocereus pruinosus*, *Stenocereus laevigatus*, *Stenocereus longispinus* y recientemente *Stenocereus huastecorum* (Alvarado-Sizzo *et al.*, 2018; Pimienta-Barrios y Nobel, 1994). Sus ramas columnares crecen desde el suelo, con flores de blancas a rosadas y frutos comestibles con areolas caducas, cuya pulpa tiene tonos de rojo, amarillo, naranja, púrpura, blanco o rosa y pequeñas semillas negras, con baja acidez, sólidos totalmente solubles y sabor dulce (Hernández-Valencia *et al.*, 2019).

El fruto varía de globoso a ovoide, tiene una longitud de 5 a 10 cm y puede producirse dos veces al año, de abril a mayo y de septiembre a octubre, por lo que se conoce en México como “pitaya de mayo” o “pitaya de agosto” y sus características morfológicas y de cosecha pueden variar según la especie. La cosecha anual puede variar de 45 a 98 frutos por planta, con un peso en fresco por fruto de 89 a 300 g (Pimienta-Barrios y Nobel, 1994).

Las propiedades funcionales del fruto se han asociado a la presencia de nutrientes y en compuestos bioactivos como: fenoles, ácidos fenólicos, betalaínas, carotenoides, ácidos grasos, esteroides, y pectinas. La presencia de estos compuestos se relaciona con efectos benéficos contra bacterias, estrés oxidante, inflamación, obesidad, niveles altos en los niveles de glucosa, protege al corazón, problemas gastrointestinales y se han empleado como colorante rojo o amarillo (Soto-Castro *et al.*, 2019; Rodríguez-Sánchez *et al.*, 2017).

### 1.4 GARAMBULLO (*MYRTILLOCACTUS GEOMETRIZANS*)

*M. geometrizzans* es un cactus endémico que crece en las tierras secas de Aguascalientes, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Zacatecas. Los cactus son lobulares o columnares, cubiertos por un sistema de tubérculos y una corona compuesta de pequeñas flores de color rosa o blanco. Tiene frutos de forma globular, comúnmente llamados “garambullos”. La producción de frutos es de mayo a julio (Bravo-Hollis, 1991, p.701; Aparicio *et al.*, 2013). Se ha informado de que este género se encuentra bajo ordenación silvícola, está presente en los huertos familiares y/o se cosecha en el medio silvestre, siendo este último el más común (Ortíz *et al.*, 2010); por ejemplo, en Cuicatlán, Oaxaca, se producen 8.1 toneladas de fruta al año mediante el manejo silvícola (Pérez-Negrón *et al.*, 2014). Guzmán-Maldonado *et al.*, (2010) sugirió que las especies dominantes en México son *M. geometrizzans* y *M. schenckii* (Guzmán-Maldonado *et al.*, 2010), ambas especies, tienen flores blancas con un fruto de forma globular de un promedio de 1.5 cm de diámetro. Generalmente son de color rojo a un color púrpura más oscuro y su cáscara es delgada cubriendo la pulpa que contiene muchas semillas comestibles pequeñas y negras (<1 mm) julio (Bravo-Hollis, 1991, p.701; Aparicio *et al.*, 2013; Ramírez-Rodríguez *et al.*, 2020).

Las propiedades funcionales que se han descrito hasta ahora en el caso de este fruto son antioxidantes, antitóxicos, antibacterial, anti-inflamatorias, contra enfermedades como obesidad, diabetes, cardiovasculares y además se ha descrito tiene propiedades como insecticida. Dichas propiedades se asocian al contenido de compuestos como flavonoides, ácidos fenólicos, fitoesteroleos y betaninas (Corzo-Rios *et al.*, 2016, p.35; Rahimi *et al.*, 2019; Ramírez-Rodríguez *et al.*, 2020).

## 2. SEMILLAS DE CACTÁCEAS

La semilla es una fuente de alimento básico y es esencial para el ser humano, ya que parte de su alimento principal está constituido por semillas, los cuales a su vez se emplean en otros seres vivos como animales domésticos por el hombre (Doria, 2010). Las semillas pueden almacenarse vivas por largos períodos, asegurándose así la preservación de especies y variedades de plantas valiosas (FAO, 2011, p.5; Doria, 2010). A continuación, detallaremos la composición química de las semillas de cuatro frutos de cactáceas (tuna, pitahaya, pitaya y garambullo) y describiremos cuales son los componentes con propiedades antioxidantes.

El número de estudios relacionados con la germinación de cactus se ha incrementado exponencialmente en los últimos 20 años, siendo México, Brasil y Argentina los tres países líderes en este campo científico en donde destaca por ejemplo que la germinación de semillas ha sido evaluada en menos del 50 % de los géneros de cactáceas. Al este respecto, los bancos de semillas terrestres y aéreas han sido poco estudiados, pero quizás son comunes y juegan un papel importante en la dinámica de población de la especie (Barrios *et al.*, 2020).

### 2.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS SEMILLAS DE FRUTOS DE CACTÁCEAS

#### 2.1.1. AMINOÁCIDOS

En la semilla y cáscara de cactus *O. ficus-indica* los aminoácidos esenciales presentes (Isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptófano, e histidina) representan cerca del 28 %, mientras que los aminoácidos no esenciales (Alanina, tirosina, cistina, serina, ácido asparagínico, ácido glutámico, y asparagina) representan 43 % (Masmoudi *et al.*, 2021; Jiang *et al.*, 2021).

Recientemente, Kolniak-Ostek *et al.*, (2020) mostraron que la composición de aminoácidos de la proteína contenida en las semillas de tuna esta influenciada por la variedad del cactus. El ácido glutámico fue el aminoácido predominante seguido de la arginina, el ácido aspártico y la leucina, independientemente de la variedad de tuna e interesantemente proponen que las semillas se pueden usar como una fuente de bajo costo de compuestos que promueven la salud y se consideran una fuente no tradicional de proteínas. Adicionalmente, esto contribuiría a reducir la cantidad de residuos generados durante el proceso productivo (Kolniak-Ostek *et al.*, 2020; Masmoudi *et al.*, 2021).

Kim *et al.*, (2011) encontraron tirosina tanto en cáscara como pulpa de pitahayas rojas y blancas cultivadas en Korea, el contenido de proteína en pulpa y semilla fue mayor para los frutos de pitaya roja (91.0 y 1.35 g·kg<sup>-1</sup> respectivamente). Además, Pimienta y Nobel (1994) reportaron que para pitayas de *S. queretaroensis* los valores de proteína era de 84-92.9 g·kg<sup>-1</sup> en pulpa, en comparación con 0.2-1.4 g·kg<sup>-1</sup> en semilla. Es importante mencionar que hasta el momento no se han descrito estudios sobre las semillas y/o cáscara de los frutos de garambullo (*M. geometrizans*) (Kim *et al.*, 2011, Pimienta y Nobel, 1994).

### 2.1.2. ÁCIDOS GRASOS

Las grasas, hidratos de carbono y proteínas son los macronutrientes necesarios para que nuestro organismo se nutra mediante la ingesta de alimentos. Las grasas se consideran la principal fuente de energía y se consideran como el eje de los recursos energéticos en el ser humano (OMS, 1990, p.24).

En las semillas de los frutos de cactus se ha descrito la presencia de diferentes ácidos grasos (Ácido palmítico, ácido palmitoleico, ácido esteárico, ácido linoleico, y ácido linolénico), los principales encontrados en el aceite de la semilla de la tuna son ácidos grasos insaturados, un 70 % de ácido linoleico, ácido linoleico, omega-6. Se sabe que este tipo de ácidos grasos tienen beneficios para la salud en enfermedades cardiovasculares, afecciones inflamatorias, trastornos autoinmunitarios y diabetes (Ramadan y Mörsel, 2003; Kolniak-Ostek *et al.*, 2020; Ciriminna *et al.*, 2017; Abdel Fattah *et al.* 2020).

Las semillas de pitahaya se ha descrito que son ricas en ácidos grasos esenciales, principalmente omega-3 y omega-6, así como tocoferoles. Los niveles de ácido linoleico atribuidos al aceite de semilla de la fruta del dragón son relevantes, es decir 500 g kg<sup>-1</sup> de aceite y se comparan con los contenidos en los aceites de linaza, canola y sésamo (Akram y Mushtaq, 2019, p.675). Ariffin *et al.*, (2009) y Chemah *et al.*, (2010) reportaron que el ácido linoleico fue el más abundante, encontrándose en mayor proporción en las semillas de pitahaya de *Hylocereus megalanthus* (654 g·kg<sup>-1</sup>) con respecto a *H. undatus* (538 g·kg<sup>-1</sup>) e *Hylocereus polyrhizus* (487 g·kg<sup>-1</sup>). Concluyendo que las semillas de pitahaya representan una fuente potencial de aceite para uso alimentario, cosmético o farmacéutico, asociado también al contenido de proteína encontrado en las semillas (206 g·kg<sup>-1</sup> semilla en base seca) (Ariffin *et al.*, 2009; Chemah *et al.*, 2010).

Para *H. undatus* y *H. polyrhizus* se encontraron en mayor proporción los ácidos grasos palmítico, esteárico, oleico, linoleico y linolénico, siendo en ambas variedades el oleico (21, 24 %, respectivamente) y linoleico (49, 50 %, respectivamente). El aceite de estas semillas es más rico en linoleico al compararlas con el aceite de semillas de linaza, canola, sésamo y uva (Ariffin *et al.*, 2009), los cuales ya se consideran excelentes fuentes de ácidos grasos. Mientras que, los ácidos grasos presentes en las cáscaras de pitaya se ha reportado la presencia de ácido

pentenoico, ácido esteárico, ácido eicosanoico, ácido hexadecanoico, ácido docosanoico, ácido butanoico, ácido propanoico, ácido 2,3,4-trihidroxibutírico, ácido oleico y oleamida (Jiang *et al.*, 2021).

En las semillas provenientes de los frutos de *Stenocereus* sp. y *Myrtillocactus* sp. no se han llevado a cabo estudios hasta el momento.

### 2.1.3. VITAMINAS

Sustancias orgánicas presentes en los alimentos, necesarias para el equilibrio de las funciones vitales, las principales fuentes de vitaminas son los vegetales crudos y las frutas frescas como afirma Latham (2002).

En términos de vitamina E, el  $\alpha$ -tocoferol constituye aproximadamente el 80 % del total de vitamina E presente, siendo el resto  $\beta$ -,  $\gamma$ - y  $\delta$ -tocoferoles en orden decreciente (Lee *et al.*, 2002). En el caso de las semillas de la fruta de tuna se ha reportado que tiene un bajo contenido en vitamina E ( $0,403 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), principalmente  $\gamma$ -tocoferol ( $0,330 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), vitamina B3, los niveles fueron mayores en la pulpa de la tuna (Ramadan y Mörsel, 2003; Kumar y Sharma, 2020) y vitamina K (Ciriminna *et al.*, 2017). Las mismas vitaminas se han descrito en pitahaya (Jiang *et al.*, 2021).

### 2.1.4. MINERALES

Los minerales son elementos naturales no orgánicos, representan de 4-5 % del peso corporal del organismo, clasificados en macrominerales o microminerales. Los empleamos para garantizar un buen funcionamiento de nuestro cuerpo, la formación de los huesos, la regulación del ritmo cardíaco y la producción de las hormonas como afirma Pierlat (2013).

En el caso de las semillas del fruto de tuna, estas son ricas en minerales, como potasio ( $\text{K}^+$ ;  $163 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) y fósforo ( $\text{P}^{3+}$ ;  $152 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ). También es notable la presencia de magnesio ( $\text{Mg}^{2+}$ ;  $74.8 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ), sodio ( $\text{Na}^+$ ;  $67.6 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) y calcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ;  $16.2 \text{ mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) (Feugang *et al.*, 2006), también se ha descrito la presencia de hierro ( $\text{Fe}^{2+}$ ), cobre ( $\text{Cu}^+$ ), zinc ( $\text{Zn}^+$ ) y selenio ( $\text{Se}^{2+}$ ) (Abdelfattah *et al.*, 2020). En la pitahaya se encontraron  $15 \text{ mg}$  de  $\text{P}^{3+}$ ,  $5 \text{ mg}$  de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $0.75 \text{ mg}$  de  $\text{Fe}^{2+}$  ( $0.75 \text{ mg}$ ) (Jiang *et al.*, 2021; Villalobos-Gutiérrez *et al.*, 2012), hasta al momento son los dos únicos géneros que se ha descrito la composición de las semillas de sus frutos.

### 2.1.5. ESTEROLES

Los esteroides son componentes esenciales en las estructuras de las membranas de todas las células, se encuentran en alimentos naturales como frutas, verduras y hortalizas como afirma González (2015). Ghazi *et al.*, (2013) examinaron la extracción de fitoquímicos de las semillas de tuna y encontraron esteroides y vitamina E. Ramadan y Mörsel (2003) han documentado la presencia de diferentes esteroides como: campesterol, estigmasterol, lanosterol y en mayor proporción al  $\beta$ -sitosterol presente en la pulpa, piel y semillas de la tuna, con un contenido que varía de  $6.75\text{-}21.1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Ghazi *et al.*, 2013; Ciriminna *et al.*, 2017). El marcador de esteroles,  $\beta$ -sitosterol, fue 72 % y 49 % del contenido total de esteroles en aceite de semilla y aceite de pulpa, respectivamente, la tuna es la única fruta descrita en cuanto al contenido de esteroides, dando paso a ser un campo de estudio interesante para determinar el contenido de este tipo de compuestos en los otros frutos de cactáceas (Ramadan y Mörsel, 2003) y los efectos benéficos que pudieran ejercer.

### 2.1.6. FENOLES Y FLAVONOIDES

Los fenoles son compuestos bioactivos distribuidos en diversos alimentos, principalmente en frutas y vegetales. Son un grupo de compuestos bioactivos muy importantes en plantas, derivados de la fenilalanina en mayor proporción y en menor cantidad de la tirosina, los tres grupos más importantes en los que se dividen los compuestos fenólicos son: flavonoides, ácidos fenólicos y polifenoles, con gran relevancia en su uso como antioxidantes naturales (Porrás-Loaiza y López-Malo, 2008). A este respecto se ha encontrado una relación directa entre el contenido de polifenoles totales con capacidad antioxidante, como se detalla a continuación.

Las semillas de tuna contienen altas cantidades de compuestos fenólicos que incluyen derivados de ácido ferúlico, taninos, sinapoyl-diglucósido, ácidos fenólicos, flavonoles y ácidos orgánicos en la tuna (de Wit *et al.*, 2019; Kolniak-Ostek *et al.*, 2020; Jiang *et al.*, 2021). Además, Jiang *et al.*, (2021) evaluó la presencia de compuestos fenólicos en la cáscara, así como otros grupos de investigadores han asociado este contenido con efectos antioxidantes y con efectos de protección para el hígado (de Wit *et al.*, 2019; Kumar y Sharma, 2020; Kolniak-Ostek *et al.*, 2020; Jiang *et al.*, 2021).

El contenido de polifenoles, de flavonoides totales en pitahaya se han reportado en la cáscara y en la pulpa del fruto (Lupuche *et al.*, 2021; Jiang *et al.*, 2021). En el caso de garambullo, los compuestos fenólicos solamente se describen en mayor cantidad en fruta entera y en la cáscara, ambas partes se consideran tienen propiedades antioxidantes (Ramírez-Rodríguez *et al.*, 2020). Aún no se ha estudiado la presencia de estos compuestos en las semillas de pitaya y garambullo.

### 2.1.7. BETALAÍNAS.

Las betalaínas dan color a una amplia variedad de flores y frutas, entre ellas a las de cactáceas, son consideradas como colorantes naturales. Existen dos grandes grupos: las betacianinas que proporcionan tonalidades de rojo a violeta y las betaxantinas, las cuales pueden dar tonalidades de amarillo a naranja, que son potencialmente usados en la industria de cosméticos y alimentaria. Además, a estos pigmentos naturales se les han descrito propiedades antioxidantes (Ramírez-Rodríguez *et al.*, 2020).

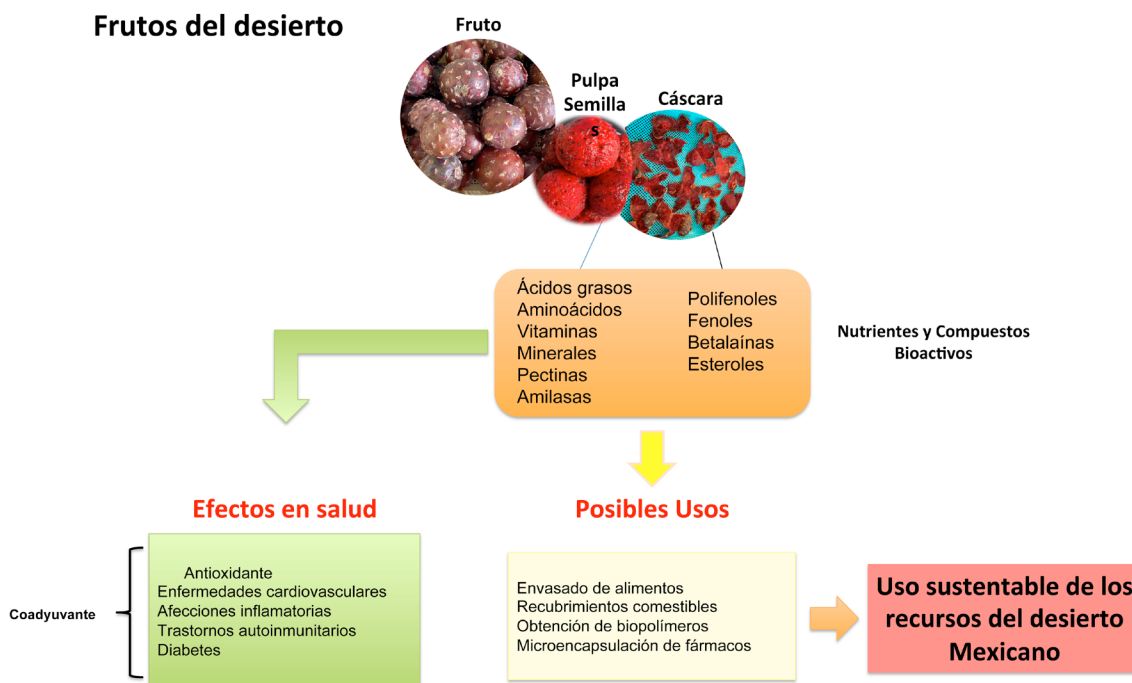
Las tunas son ricas en betaxantinas y betacianinas, y en cantidades mayores que la pulpa y la cáscara (de Wit *et al.*, 2019; García-Cayuela *et al.*, 2019), también se ha descrito el contenido de betalaínas en pitahaya (Jiang *et al.*, 2021).

García-Cruz *et al.*, (2012) estudiaron el contenido de betalaínas y compuestos fenólicos, así como la actividad antioxidante de la pulpa de dos variedades de "pitaya de mayo" y observaron que las betacianinas son más abundantes en la pitaya roja y las betaxantinas en la pitaya anaranjada. En este estudio, las betalaínas se encontraron en mayor proporción que los fenoles solubles totales, por lo que se menciona estos compuestos contribuyen a la actividad antioxidante observada en los frutos de *Stenocereus griseus*. (García-Cruz *et al.*, 2012). Hasta al momento no se han descrito estudios sobre las semillas de los frutos de *Garambullo*.

Finalmente, los diferentes frutos de las tierras secas como lo muestra la Figura 1. son una excelente alternativa por sus propiedades terapéuticas basadas en el contenido de sus compuestos bioactivos, presentes en las hojas,

las raíces, los tallos y los frutos junto con sus semillas.

Además, que estas plantas suelen tener una actividad hipoglucemiante y reductora de lípidos, lo que indica su posible utilización no sólo como tratamiento alternativo sino también para la incorporación en la dieta diaria de los pacientes que padecen enfermedades metabólicas como la diabetes, el síndrome metabólico y la obesidad, entre otras.



**Figura 1.** Frutos del desierto y su uso. Uso y obtención de frutos, pulpa, jugos o cáscara para la obtención de compuestos bioactivos que podrían tener impacto en la salud humana, o la obtención y aislamiento de productos químicos de utilidad en la industria farmacéutica o alimentaria que permitirá la explotación sustentable de los frutos del desierto impactando positivamente en las comunidades productoras.

## CONCLUSIONES

Los frutos de las tierras áridas mexicanas, como la tuna (*Opuntia spp.*), pitahaya (*Hylocereus sp.*), pitaya (*Stenocereus sp.*) y garambullo (*M. geometrizans*) ofrecen una amplia variedad de usos. Se ha demostrado que el consumo de frutas de tierras secas ofrece beneficios nutricionales y promueve la salud, y debido a esto existe un marcado interés en el desarrollo de nuevas tecnologías y la adquisición de nuevos conocimientos sobre su naturaleza química y propiedades para un mejor aprovechamiento, lo que genera nuevos estudios.

Se necesitan futuras investigaciones para aislar algunas moléculas con el fin de identificar el compuesto específico que confiere cada actividad como antioxidante, analgésico, antiinflamatorio o anti-proliferativo. Existe una necesidad urgente de modernizar y ampliar los métodos de separación de semillas y extracción de bioactivos para revalorizar los fitoquímicos de las semillas y cáscaras de los frutos de cactus.

Además, recientemente se han investigado posibles aplicaciones como: en el envasado de alimentos, recubrimientos comestibles, obtención de biopolímeros y micro-encapsulación de fármacos; No obstante, se necesitan colaboraciones en las que investigadores de múltiples disciplinas trabajen junto con miembros de las comunidades locales y de diferentes sectores para generar proyectos que produzcan de manera sostenible estos frutos en las industrias alimentaria, farmacéutica y biotecnológica.

## REFERENCIAS

1. Abdelfattah, M. S., Badr, S. E., & Elsaid, A. S. (2020). Nutritive value and chemical composition of prickly pear seeds (*Opuntia ficus indica* L.) growing in Egypt. *International Journal of Agricultural Policy and Research*, 8 (1). <https://doi.org/10.15739/IJAPR.20.001>
2. Alvarado-Sizzo, H., Casas, A., Parra, F., Arreola-Nava, H. J., Terrazas, T., & Sanchez, C. (2018). Species delimitation in the *Stenocereus griseus* (Cactaceae) species complex reveals a new species, *S. huastecorum*. *PLoS ONE*, 13(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190385>
3. Amaya-Cruz, D. M., Perez-Ramirez, I. F., Delgado-Garcia, J., Mondragon-Jacobo, C., Dector-Espinoza, A., & Reynoso-Camacho, R. (2019). An integral profile of bioactive compounds and functional properties of prickly pear (*Opuntia ficus indica* L.) peel with different tonalities. *Food Chemistry*, 278. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.11.031>
4. Aparicio, X., Loza-Cornejo, S., Torres-Bernal, M., & Velazquez-Placencia, N. (2013). Chemical and morphological characterization of *Mammillaria uncinata* (Cactaceae) fruits. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 15, pp.32-41.
5. Ariffin, A. A., Bakar, J., Tan, C. P., Rahman, R. A., Karim, R., & Loi, C. C. (2009). Essential fatty acids of pitaya (dragon fruit) seed oil. *Food Chemistry*, 114(2). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.108>
6. Aruwa, C. E., Amoo, S. O., & Kudanga, T. (2018). Opuntia (Cactaceae) plant compounds, biological activities and prospects - A comprehensive review. *Food Research International*, 112. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.047>
7. Babitha, S., Bindu, K., Nageena, T., & Veerapur, V. P. (2019). Fresh Fruit Juice of *Opuntia dillenii* Haw. Attenuates Acetic Acid-Induced Ulcerative Colitis in Rats. *Journal of dietary supplements*, 16(4). <https://doi.org/10.1080/19390211.2018.1470128>
8. Barrios, D., Sánchez, J.A., Flores, J., & Jurado, E. (2020). Seed traits and germination in the cactaceae family: A review across the Americas (Rasgos seminales y germinación en la familia cactaceae: Una revisión en las Américas). *Botanical Sciences*, 98 (3). <https://doi.org/10.17129/botsci.2501>
9. Chang, A. Y., Cullen, M. R., Harrington, R. A., & Barry, M. (2021). The impact of novel coronavirus COVID-19 on noncommunicable disease patients and health systems: a review. *Journal of Internal Medicine*, 289 (4). <https://doi.org/10.1111/joim.13184>
10. Chemah, T.C., Aminah, A., Noriham, A., & Wan-Aida, W.M. (2010). Determination of pitaya seeds as a natural antioxidant and source of essential fatty acids. *International Food Research Journal*, 17(4):1003-1010.

11. Ciriminna, R., Chavarría-Hernández, R., Rodríguez-Hernández, A.I., & Pagliaro, M. (2019). "Toward Unfolding the Bioeconomy of Nopal (*Opuntia* Spp.)." *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, 13 (6): 1417-27.
12. Ciriminna, R., Delisi, R., Albanese, L., Meneguzzo, F., & Pagliaro, M. (2017). *Opuntia ficus-indica* seed oil: Biorefinery and bioeconomy aspects. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 1700013. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201700013>
13. de Wit, M., du Toit, A., Osthoff, G. & Hugo, A. (2019). Cactus pear antioxidants: a comparison between fruit pulp, fruit peel, fruit seeds and cladodes of eight different cactus pear cultivars (*Opuntia ficus-indica* and *Opuntia robusta*). *Food Measure*, 13. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00154-z>
14. Doria, J. (2010). Generalidades Sobre Las Semillas: Su Producción, Conservación Y Almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1). Recuperado en 20 de octubre de 2020, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0258-59362010000100011&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362010000100011&lng=es&tlng=es)
15. Esquivel, P. (2004). Los frutos de las cactáceas y su potencial como materia prima. *Agronomía Mesoamericana*, 15(2). Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43715212>. 15(2):215-219.
16. Feugang, J.M., Konarski, P., Zou, D., Stintzing, F.C., & Zou, C. (2006). Nutritional and medicinal use of Cactus pear (*Opuntia* spp.) cladodes and fruits. *Frontiers in bioscience: a journal and virtual library*, 11. <https://doi.org/10.2741/1992>.
17. Garcia-Cayuela, T., Gomez-Maqueo, A., Guajardo-Flores, D., Welte-Chanes, J., & Cano, M. P. (2019). Characterization and quantification of individual betalain and phenolic compounds in Mexican and Spanish prickly pear (*Opuntia ficus-indica* L. Mill) tissues: A comparative study. *Journal of Food Composition and Analysis*, 76. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.11.002>.
18. García-Cruz, L., Salinas-Moreno, Y., & Valle-Guadarrama, S. (2012). Betalaínas, compuestos fenólicos y actividad antioxidante en pitaya de mayo (*Stenocereus griseus* H.). *Revista Fitotecnica Mexicana*, 35(5). Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61024388002>
19. Ghazi, Z., Ramdani, M., Fauconnier, M. L., Mahi, B. E., & Cheikh, R. (2013). Fatty acids Sterols and Vitamin E composition of seed oil of *Opuntia Ficus Indica* and *Opuntia Dillenii* from Morocco. *Journal of Materials and Environmental Science*, 4(6).
20. Guzmán-Maldonado, S. H., Herrera-Hernandez, G., Hernández-López, D., Reynoso- Camacho, R., Guzmán-Tovar, A., Vaillant, F., & Brat, P. (2010). Physicochemical, nutritional and functional characteristics of two underutilised fruit cactus species (*Myrtillocactus*) produced in central Mexico. *Food Chemistry*, 121(2). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.12.039>.
21. Heinrich, M., Haller, B. F., & Leonti, M. (2014). A Perspective on Natural Products Research and Ethnopharmacology in Mexico: The Eagle and the Serpent on the Prickly Pear Cactus. *Journal of Natural Products*, 77(3). <https://doi.org/10.1021/np4009927>.
22. Hernández-Valencia, C. G., Roman-Guerrero, A., Aguilar-Santamaria, A., Cira, L., & Shirai, K. (2019). Cross-Linking Chitosan into Hydroxypropylmethylcellulose for the Preparation of Neem Oil Coating for Postharvest Storage of Pitaya (*Stenocereus pruinosus*). *Molecules*, 24(2). <https://doi.org/10.3390/molecules24020219>.

23. Ibrahim, S. R. M., Mohamed, G. A., Khedr, A. I. M., Zayed, M. F., & El-Kholy, A. A. S. (2018). Genus *Hylocereus*: Beneficial phytochemicals, nutritional importance, and biological relevance, A review. *Journal of Food Biochemistry*, 42(2). <https://doi.org/10.1111/jfbc.12491>.
24. Jiang, H., Zhang, W., Li, X., Shu, C., Jiang, W., & Cao, J. (2021). Nutrition, phytochemical profile, bioactivities and applications in food industry of pitaya (*Hylocereus* spp.) peels: A comprehensive review. *Trends in Food Science & Technology*, 116. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.040>.
25. Kim, H., Choi, H. K., Moon, J. Y., Kim, Y. S., Mosaddik, A., & Cho, S. K. (2011). Comparative antioxidant and antiproliferative activities of red and white pitayas and their correlation with flavonoid and polyphenol content. *Journal of Food Science*, 76(1). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01908.x>
26. Kolniak-Ostek, J., Kita, A., Miedzianka, J., Andreu-Coll, L., Legua, P., & Hernandez, F. (2020). Characterization of Bioactive Compounds of *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. Seeds from Spanish Cultivars. *Molecules*, 25. <https://doi.org/10.3390/molecules25235734>
27. Kumar, D. & Sharma, P. (2020). A Review on Opuntia Species and its Chemistry, Pharmacognosy, Pharmacology and Bioapplications. *Current Nutrition & Food Science*. 16. <https://doi.org/10.2174/1573401316666200220092414>.
28. Lee, J. C., Kim, H. R., Kim, J., & Jang, Y. S. (2002). Antioxidant property of an ethanol extract of the stem of *Opuntia ficus-indica* var. *saboten*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(22). <https://doi.org/10.1021/jf020388c>
29. Lupuche, E. Q., Chávez, J. A., Medina-Pizzali, M. L., Loayza, L., & Apumayta E. (2021). Chemical characterization, polyphenol content and antioxidant capacity of two pitahaya ecotypes (*Hylocereus* spp.). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 74(3). <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n3.92821>
30. Masmoudi, M., Baccouche, A., Borchani, M., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2021). Physico-chemical and antioxidant properties of oils and by-products obtained by cold press-extraction of Tunisian *Opuntia* spp. Seeds. *Applied Food Research*, 1 (2). <https://doi.org/10.1016/j.afres.2021.100024>
31. Martínez, E. (2018). Bioactive compounds and health: myths and realities. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 65(1). Retrieved 21 October 2020, from <https://www.alanrevista.org/ediciones/2015/suplemento-1/art-47/#:~:text=Los%20compuestos%20bioactivos%20se%20definen,son%20esenciales%20para%20la%20vida>.
32. Mohamed, A.F., Ibrahim, E.S., Mostafa, I.F., Soumaya, S.Z., Riham, S.E.(2020). Metabolite profiling of three *Opuntia ficus-indica* fruit cultivars using UPLC-QTOF-MS in relation to their antioxidant potential. *Food Bioscience*, 36. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100673>.
33. Ortiz, F., Stoner, K. E., Perez-Negron, E., & Casas, A. (2010). Pollination biology of *Myrtillocactus schenckii* (Cactaceae) in wild and managed populations of the Tehuacan Valley. Mexico. *Journal of Arid Environments*, 74(8). <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2010.01.009>.
34. Ortiz-Hernandez, Y. D., Livera-Munoz, M., Carrillo-Salazar, J. A., Valencia-Botin, A. J., & Castillo-Martinez, R. (2012). Agronomical, physiological, and cultural contributions of pitahaya (*Hylocereus* spp.) in Mexico. *Israel*

*Journal of Plant Sciences*, 60(3). <https://doi.org/10.1560/ljps.60.3.359>.

35. Perez-Negron, E., Davila, P., & Casas, A. (2014). Use of columnar cacti in the Tehuacan Valley, Mexico: perspectives for sustainable management of non-timber forest products. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 10 (79). <https://doi.org/10.1186/1746-4269-10-79>.
36. Pimienta-Barrios, E., & Nobel, P. S. (1994). Pitaya (*Stenocereus* Spp, Cactaceae) - an Ancient and Modern Fruit Crop of Mexico. *Economic Botany*, 48(1). <https://doi.org/10.1007/Bf02901385>.
37. Porras-Loaiza, A. P. & López-Malo, A. (2008). Importancia de los grupos fenólicos en los alimentos. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 3 (1). Retrieved 24 November 2020, from [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TSIA-3\(1\)-Porras-Loaiza-et-al-2009.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TSIA-3(1)-Porras-Loaiza-et-al-2009.pdf).
38. Rahimi, P., Abedimanesh, S., Mesbah-Namin, S. A., & Ostadrahimi, A. (2019). Betalains, the nature-inspired pigments, in health and diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(18). <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1479830>.
39. Ramadan, M. F., & Mörsel, J.T. (2003). Lipids recovered from tuna skin [*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill]: a good source of polyunsaturated fatty acids, natural antioxidant vitamins and sterols. *Food Chemistry*, 83. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00128-6](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00128-6)
40. Ramírez-Rodríguez, Y., Martínez-Huélamo, M., Pedraza-Chaverri, J., Ramírez, V., Martínez-Tagüña, N., & Trujillo, J. (2020). Ethnobotanical, nutritional and medicinal properties of Mexican drylands Cactaceae Fruits: Recent findings and research opportunities. *Food Chemistry*, 15 (312). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.126073>.
41. Rivera, G., Bocanegra-Garcia, V., & Monge, A. (2010). Traditional plants as source of functional foods: A review. *Cyta-Journal of Food*, 8(2). <https://doi.org/10.1080/19476330903322978>.
42. Rodríguez-Sánchez, J. A., Victoria, M. T. C. Y., & Barragan-Huerta, B. E. (2017). Betaxanthins and antioxidant capacity in *Stenocereus pruinosus*: Stability and use in food. *Food Research International*, 91. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.11.023>.
43. Soto-Castro, D., Gutiérrez-Miguel, C., León-Martínez, F., Santiago-García, P. A., Aragón- Lucero, I., & Antonio-Antonio, F. (2019). Spray drying microencapsulation of betalain rich extracts from *Escontria chiotilla* and *Stenocereus queretaroensis* fruits using cactus mucilage. *Food Chemistry*, 272. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.069>.
44. Urango, L.A., Montoya, G. A., Cuadros, M. A., Henao, D. C., Zapata, P. A., López, L., Castaño, E., Serna, A. M., Vanegas, C. V., Loaiza, M. C, & Davahiva, B. (2009). Efecto de los compuestos bioactivos de algunos alimentos en la salud. *Perspectivas en Nutrición Humana*, 11. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0124-41082009000100003](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-41082009000100003)
45. Villalobos-Gutiérrez, M.G.; Schweiggert, R.M.; Carle, R. & Esquivel, P. (2012). Chemical characterization of Central American pitaya (*Hylocereus* sp.) seeds and seed oil. *Cyta - Journal of Food*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/19476337.2011.580063>

46. Yong, Y. Y., Dykes, G., Lee, S. M., & Choo, W. S. (2019). Biofilm inhibiting activity of betacyanins from red pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) and red spinach (*Amaranthus dubius*) against *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* biofilms. *Journal of Applied Microbiology*, 126(1). <https://doi.org/10.1111/jam.14091>.
47. Anderson, E.F. (2001). "The Cactus Family." United States: Timber Press, 2001.
48. Akram S., & Mushtaq M. (2019). Dragon (*Hylocereus megalanthus*) Seed Oil. In: Ramadan M. (eds) Fruit Oils: Chemistry and Functionality. Alemania: Springer, Cham 675-689. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-12473-1\\_36](https://doi.org/10.1007/978-3-030-12473-1_36)
49. Bravo-Hollis, H., & Sánchez-Mejorada H. (1991). The Cactaceae of Mexico. Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México 701-708.
50. Carbajal A. (2013). Manual de Nutrición y Dietética. Madrid: Universidad Complutense de Madrid 1-4. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-cap-12-bioactivos.pdf>
51. Corzo-Rios, L. J., Bautista-Ramírez, M. E., Gómez y Gómez, Y. M., & Torres-Bustillo, L. G. (2016). Frutas de cactáceas: compuestos bioactivos y sus propiedades nutraceuticas. Barcelona: OmniaScience 35-66. <https://doi.org/10.3926/oms.3602>
52. Cota-Sanchez, J. H. (2016). Nutritional Composition of the Prickly Pear (*Opuntia ficus-indica*) Fruit, p.691-712. *Nutritional Composition of Fruit Cultivars*. Boston: Academic Press 691-712. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00028-3>.
53. FAO (Food and Agriculture Organization) 2011. Manual técnico: Semillas en emergencias. Estudio FAO: Producción y Protección Vegetal 2002. Roma: Depósitos de documentos de la FAO 5-35. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/015/i1816s/i1816s00.pdf>
54. Meza-Nivón, M. (2011). Segundo informe referente a la relación de la asesoría número INE/ADA-026/2011 denominada "Cactáceas mexicanas: usos y amenazas". México: Instituto Nacional de Ecología-Universidad Nacional Autónoma de México 226-1209.
55. (OMS) Organización Mundial de Salud (1990). Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. Informe técnico 797. Ginebra: OMS 24-39. [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42755/WHO\\_TRS\\_916\\_spa.pdf?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/42755/WHO_TRS_916_spa.pdf?sequence=1)
56. (SEMARNAT) Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2019). Suelos. México: SEGOB 120-152. Obtenido de [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_12/pdf/Cap3\\_suelos.pdf](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_12/pdf/Cap3_suelos.pdf)
57. González, G.C. (2015). ¿Qué son los esteroides vegetales? | Blog | MenuDiet from <https://www.menudiet.es/blog/articulo-que-son-los-esteroides-vegetales>
58. Latham, M. C. (2002). Nutrición humana en el mundo en desarrollo, Colección FAO: Alimentación y nutrición N° 29.
59. Morales, P., Sánchez-Mata, M. C., & Cámara, M. (2015). Importancia de la presencia de compuestos bioactivos en los vegetales. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid (UCM). Disponible en: <https://>

[www.interempresas.net/Poscosecha/Articulos/133699-Importancia-de-la-presencia-de-compuestos-bioactivos-en-los-vegetales.html](http://www.interempresas.net/Poscosecha/Articulos/133699-Importancia-de-la-presencia-de-compuestos-bioactivos-en-los-vegetales.html)

60. (OMS) Organización Mundial de Salud (2018). Noncommunicable diseases. 2018. News. [www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases](http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases)
61. (OMS) Organización Mundial de Salud (2020). Hipertensión, diabetes y obesidad, tres grandes problemas de salud para la OMS. [www.20minutos.es](http://www.20minutos.es) - Últimas Noticias. Retrieved 4 November 2020, from <https://www.20minutos.es/noticia/1450803/0/un-tercio-adultos/sufre-hipertension/segun-OMS/?autoref=true>.
62. Pierlat C. (2013). Qué son los minerales, beneficios para la salud y tipos en CuidatePlus. Disponible en <https://cuidateplus.marca.com/alimentacion/diccionario/minerales.html>
63. (SEMARNAT) Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2016). Cactáceas, riqueza natural de México. Acceso en mayo 2019. <https://www.gob.mx/semarnat/articulos/cactaceas-riqueza-natural-de-mexico>.



*Título: "Istmonautas: la cena" [stills]*

*Artista: Nelson Medina*

*Técnica: Arte-acción & comida intervenida*

*Medidas: variables*

*Año: 2014*