

Composición química de tallos tiernos de la cruceta (*Acanthocereus tetragonus*) con potencial para alimento funcional

Composição química dos talos tenros da planta cruceta (*Acanthocereus tetragonus*) com potencial como alimento funcional

Chemical composition of tender stems of the cruceta (*Acanthocereus tetragonus*) with potential as a functional food

DOI: 10.34188/bjaerv8n4-153

Submetido: 30-08-2025

Aprovado: 15-09-2025

Jeremías Nataren Velázquez

Maestro en Ciencias en Agroecosistemas Tropicales
por el Colegio de Postgraduados Campus Veracruz
INIFAP/Campo Experimental Cotaxtla
Veracruz. México
E-mail: nataren.jeremias@inifap.gob.mx

Juan Valente Megchún García

Doctorado en Ciencias Agropecuarias
por la Universidad Veracruzana
TecNM/Instituto Tecnológico de Boca del Río
Veracruz. México
E-mail: valente.mg@bdelrio.tecnm.mx

Janine Lucía López González

Ingeniería en Agronomía
por el TecNM/Instituto Tecnológico Superior de Jesús Carranza
Veracruz. México
E-mail: janine_janin@hotmail.com

Naín Peralta Antonio

Doctorado en Ciencias en Fitotecnia
por la Universidad de Viçosa
INIFAP/Campo Experimental Cotaxtla
Veracruz. México
E-mail: peralta.nain@inifap.gob.mx

Andrés Rebolledo Martínez

Doctorado en Ciencias en Fruticultura
por el Colegio de Postgraduados
INIFAP/Campo Experimental Cotaxtla
Veracruz. México
E-mail: rebolledo.andres@inifap.gob.mx

Rosa Laura Rebolledo García

Maestra en Ciencia y Tecnología Agroalimentaria
por la Universidad Autónoma Chapingo
INIFAP/Campo Experimental Cotaxtla
Veracruz. México
E-mail: rebolledo.rosa@inifap.gob.mx

María Enriqueta López Vázquez
Licenciada en Agronomía
por la Universidad Metropolitana
INIFAP/Campo Experimental Cotaxtla
Veracruz. México
E-mail: lopez.enriqueta@inifap.gob.mx

RESUMEN

La cruceta (*Acanthocereus tetragonus*) es una especie subutilizada en la alimentación que pertenece a la familia de las cactaceae, actualmente se tiene poca información sobre su valor nutricional. El objetivo de la investigación es evaluar el potencial nutricional de los tallos tiernos de *Acanthocereus tetragonus*, para contribuir al conocimiento como alimento funcional con potencial de mercado. La investigación se realizó en el INIFAP/Campo Experimental Cotaxtla, recolectando las muestras de los tallos de cruceta de nueve accesiones colectadas en la zona centro del estado de Veracruz, las cuales fueron establecidas en una parcela experimental en el Campo Experimental Cotaxtla, el análisis proximal de los tallos tiernos de cruceta se realizó en el laboratorio LIRA del TecNM/ITBOCA. Las variables de estudio fueron la humedad (%), ceniza (g), grasa (g), proteína (g), fibra (g), carbohidrato (g) y arsénico (mg/kg). Se realizó un análisis paramétrico de ANOVA y no paramétrico de Kruskal-Wallis. Los resultados obtenidos que los tallos, dan a conocer que tiene un alto porcentaje de humedad cercano al 100%, cuenta con un aporte nutricional de 1.4 g de proteína, tiene un alto valor de fibra de 3.3 g, nutriente esencial para el ser humano y 1.4 g de carbohidrato. La cruceta es una especie con potencial como alimento para el ser humano y como alimento forrajero para el sector ganadero.

Palabras clave: análisis proximal, cactácea, especie no maderable, alimento funcional.

RESUMO

O cacto cruceta (*Acanthocereus tetragonus*) é uma espécie subutilizada na indústria alimentícia, pertencente à família dos cactos (Cactaceae). Atualmente, há pouca informação disponível sobre seu valor nutricional. O objetivo desta pesquisa é avaliar o potencial nutricional dos caules tenros de *Acanthocereus tetragonus*, contribuindo para a compreensão de seu potencial como alimento funcional com potencial de mercado. A pesquisa foi conduzida no INIFAP/Campo Experimental Cotaxtla, coletando amostras dos caules de nove acessos da planta cruceta, provenientes da região central do estado de Veracruz. Esses acessos foram estabelecidos em uma parcela experimental no Campo Experimental Cotaxtla. A análise proximal dos caules jovens de cruceta foi realizada no laboratório LIRA do TecNM/ITBOCA. As variáveis estudadas foram umidade (%), cinzas (g), gordura (g), proteína (g), fibra (g), carboidrato (g) e arsênio (mg/kg). Foram realizados testes de ANOVA paramétrica e não paramétrica de Kruskal-Wallis. Os resultados obtidos mostram que os caules apresentam alto teor de umidade, próximo a 100%, contribuição nutricional de 1,4 g de proteína, alto teor de fibra de 3,3 g (nutriente essencial para humanos) e 1,4 g de carboidrato. A cruceta é uma espécie com potencial como alimento para humanos e como forragem para o setor pecuário.

Palavras-chave: análise proximal, cacto, espécies não madeiras, alimento funcional.

ABSTRACT

The cruceta cactus (*Acanthocereus tetragonus*) is an underutilized species in the food industry belonging to the cactus family (Cactaceae). Currently, little information is available on its nutritional value. The objective of this research is to evaluate the nutritional potential of the tender stems of *Acanthocereus tetragonus*, to contribute to the understanding of its potential as a functional food with market potential. The research was conducted at the INIFAP/Campo Experimental Cotaxtla, collecting samples from the stems of nine accessions of the cruceta plant, gathered in the central

region of the state of Veracruz. These accessions were established in an experimental plot at the Campo Experimental Cotaxtla. Proximate analysis of the young cruceta stems was performed at the LIRA laboratory of TecNM/ITBOCA. The study variables were moisture (%), ash (g), fat (g), protein (g), fiber (g), carbohydrate (g), and arsenic (mg/kg). A parametric ANOVA and a non-parametric Kruskal-Wallis test were performed. The results obtained show that the stems have a high moisture content, close to 100%, a nutritional contribution of 1.4 g of protein, a high fiber content of 3.3 g (an essential nutrient for humans), and 1.4 g of carbohydrate. The cruceta is a species with potential as food for humans and as forage for the livestock sector.

Keywords: proximate analysis, cactus, non-timber species, functional food

1 INTRODUCCIÓN

En el año 2019 a nivel mundial, más de 820 millones de personas presentaban desnutrición, superando los 2 mil millones, asimismo, 2.1 mil millones de personas presentaban exceso de peso relacionados a la diabetes (Willett et al., 2019). Se estima que en México cada 6 a 10 hogares presentan inseguridad alimentaria y nutricional (Olalde et al., 2025). Los problemas de salud pública a nivel mundial son causados por la mal nutrición y deficiencia de nutrientes (Willett et al., 2019).

La sociedad mexicana consume productos altos en grasas saturadas, azúcar y densidad energética, desplazando alimentos que son base fundamental en las dietas alimentarias por generaciones (Martínez y Lozano, 2023). Considerando que la producción de alimentos agropecuarios, no garantiza que sean productos libres de residualidad química, por el uso de agroquímicos en las diferentes etapas del cultivo; a partir de ahí, toma importancia la “Soberanía Alimentaria”, como un derecho de los pueblos y comunidades a definir estrategias para producir gestionar y comercializar alimentos de acuerdo con sus propios rasgos culturales e identitarios (Segovia, 2005).

Las dietas tradicionales son representaciones culturales, influenciados por el conocimiento local, las relaciones de género, las experiencias heredadas y las costumbres que les permite realizar un proceso de selección de los productos y la preparación de los alimentos (Martínez et al., 2023). El hombre prehistórico utilizaba especies vegetales como las cactáceas que le permitían sobrevivir a nuevos ambientes (Guzmán et al., 2007).

El nopal es una cactácea que crece en regiones áridas y semiáridas con alto contenido nutricional, como fibra, calcio, magnesio, hierro y sodio, necesarios para la salud humana (Sáenz, 2006). Las cactáceas son una familia muy amplia y con un alto grado de endemismo en el país con un 73 % a nivel de género y 78 % a nivel de especies, puede crecer desde el nivel del mar hasta los 400 m, presenta características morfológicas y fisiológicas que les permite desarrollarse en ambientes cálidos y áridos (CICY et al., 2010).

La familia de las cactáceas se reconoce fácil en campo, sin embargo, identificarlas a nivel de género y especie resulta complejo, sólo algunos trabajos cuantifican el impacto que tienen los cactus columnares como proveedor de nutrientes (Drezner, 2014). México tiene el 77% de cactáceas endémicas (Guzmán, 2003) siendo el país con la mayor diversidad seguido por Brasil, Argentina y Bolivia (Ortega-Larrocea et al., 2010). Se consideran especies claves que proporcionan alimentos como néctar, polen y frutos para las especies que habitan en el desierto (Schwertner et al., 2022).

Actualmente se busca y se requiere cultivos resistentes a la sequía, con cualidades nutrimentales que benefician al ser humano. Una alternativa es la cruceta o jacube (*Acanthocereus tetragonus*), planta con diversos usos por ejemplo: cerco vivo, ornamental, medicinal y alimenticio. Su interés radica en los tallos tiernos, debido a que se consume como verdura en múltiples guisados (Juárez et al., 2012). Además de sus cualidades alimenticias, similares a los cladodios tiernos del nopal, resultan atractivos al comensal por sus cortes transversales, cuyas secciones asemejan triángulos o estrellas de tres a cinco costillas (Juárez, 2011). Los tallos tiernos y frutos son muy consumidos y poseen una gran versatilidad en la gastronomía mexicana (Alanís y Velazco, 2008).

2 OBJETIVO

Evaluar el potencial nutricional de los tallos tiernos de *Acanthocereus tetragonus*, para contribuir al conocimiento como alimento funcional con potencial de mercado.

3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra establecida en el Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campo Experimental Cotaxtla, perteneciente al municipio de Medellín de Bravo, Veracruz, México. Localizado entre los paralelos 18°50'09" N de latitud y 96°02'16" O de longitud y 17 msnm. El clima de este lugar es cálido húmedo con temperatura promedio de 25.3° y precipitación pluvial media anual es de 1,417.8 mm donde los meses de más lluvia son julio y septiembre. Los ecosistemas presentes son el bosque perennifolio con encinos (INEGI, 2010).

3.2 SITIO DE COLECTA DE *Acanthocereus tetragonus*

Los materiales genéticos (accesiones) de la cruceta *Acanthocereus tetragonus*, fueron colectados en la región central del estado de Veracruz, México, en ocho localidades pertenecientes a siete municipios, colectando un total de nueve accesiones de cruceta (Cuadro 1).

Cuadro 1. Puntos de muestreo de la colecta de las accesiones de *Acanthocereus tetragonus* en la zona centro de Veracruz.

Puntos de muestreo	Coordenadas	Altitud
M1: Paso de ovejas, Veracruz	19°24'7'' latitud norte y 96° 24'7'' longitud oeste	40 msnm
M2: Tolome, Paso de ovejas, Veracruz	19° 16'00'' latitud norte y 96°23'41'' longitud oeste	20 msnm
M3: Hatillo, La Antigua, Veracruz	18° 9' 47'' latitud norte y 95° 27'56'' longitud oeste	11 msnm
M4: Carretera Veracruz-Xalapa	-----	-----
M5: El Castillo, Xalapa, Veracruz	19°35'50'' latitud norte y 96° 52'57'' longitud oeste	1129 msnm
M6: Estanzuela, Emiliano Zapata, Veracruz	19° 27' 36'' latitud norte y 96° 51' 28'' longitud oeste	1033 msnm
M7: Rincón de Pérez, Medellín de Bravo, Veracruz	18° 55'47'' latitud norte y 96°12'38'' longitud	19 msnm
M8: Espinuda de Rincón de Pérez, Medellín de Bravo, Veracruz	18° 55'47'' latitud norte y 96°12'38'' longitude	19 msnm
M9: La Capilla, Cotaxtla, Veracruz	18°52' 30'' latitud norte y 96° 14'30'' longitud oeste	23 msnm

3.3 SELECCIÓN DE PLANTAS

Se realizaron visitas directas y observaciones de plantas en cercos y plantaciones con presencia de cruceta con diferentes características morfológicas. La selección consistió en garantizar una sanidad y calidad del material vegetativo, de plantas madres y esquejes, libres de plagas y enfermedades y con excelente crecimiento y desarrollo. Se observó de las plantas las características morfológicas, el vigor de la planta. Las plantas de cruceta presentaron heterogeneidad respecto al grosor de tallo, diferente tamaño de altura y peso. Durante el recorrido técnico se colectaron cinco plantas de cada punto de muestreo y se georreferenciaron todos los puntos de muestreo, posteriormente se trasladaron al Campo Experimental Cotaxtla, para su establecimiento en una parcela experimental a la intemperie Figura 1.

Figura 1. Puntos de muestreo de las colectas de cruceta en la zona centro de Veracruz (Natarén et al., 2020)



3.4 ESTABLECIMIENTO DE LA PARCELA EXPERIMENTAL

La parcela experimental consistió en nueve hileras de cinco plantas cada hilera, y la distribución de las plantas fue realizada a 4 m entre hileras y 1 m entre planta y planta, con una densidad de plantación de 2500 plantas/ha. A los tres años de edad las plantas de cruceta se encontraban en febrero en la etapa fenológica de desarrollo vegetativo, en esta etapa fenológica se recolectaron de cada accesión diez tallos tiernos de la cruceta por hilera.

3.5 MANEJO AGRONÓMICO DE LA CRUCETA

En el manejo agronómico de la cruceta se aplicaron productos orgánicos y químicos. De acuerdo a los requerimientos nutricionales y de sanidad que necesitaban las plantas de cruceta.

Riego: El riego en invierno se realizó con un gasto de agua de 5 L/planta cada 20 días, en primavera se realizó con un gasto de agua de 5 L/planta cada 16 días, únicamente en el mes de abril se realizó utilizando un gasto de agua de 10 L/agua cada 8 días. En verano el riego fue de 10 L/planta cada 3 a 5 días, en otoño no se realizó riego por el periodo de lluvias.

Nutrición de la planta: Se realizó una fertilización química al suelo a 15 cm de distancia de la base de la planta, los fertilizantes utilizados fueron el fosfático diamónico (18-46-0) con la dosis de 100 g/planta + Urea (46-0-0) y la dosis de 100 g/planta. Se realizaron fertilizaciones foliares de silicio (15 g/L de agua), Urea (46-0-0) con la dosis 0.01 kg/L de agua, Fertiplus (Ácidos húmicos + Nitrógeno + Fósforo + Potasio + Quelatos + Fierro + Mangenesio + Boro + Zinc) con la dosis de 2 ml/L de agua, fertilización de N-P-K y la dosis de 400 g/L de agua, Agromil V (Auxinas + Giberelinas + Citocinicas + vitaminas naturales + extractos de origen natural) utilizando la dosis de 3 ml/L de agua, Raíz plant-500 (Nitrógeno + Fósforo + Potasio + Mangnesio + Azufre + Boro + Ácidos húmicos y fúlvicos + Fitohormonas) con la dosis de 25 ml/L de agua.

Manejo integrado plagas y enfermedades: Se realizó de manera preventiva aplicaciones de Cipermetrina (1.5 ml/L de agua), Sulfocálcico (50 ml/L de agua), Buscalid + Pyraclostrobin (1 g/L de agua), Dietilditiocarbamato (2 g/L de agua), Oxiclورو de cobre foliar (1.25 g/L de agua), Abamectina (3 ml/L de agua), y Captan 50% (5 g/L de agua).

Control de malezas: Se realizó control mecánico y manual con el uso del tractor con la rastra entre medio de las calles y entre las plantas se utilizó el azadón. También, se realizó un control químico con glifosato con la dosis de 250 ml por 20 L de agua, y el paraquat con la dosis de 200 ml de 20 L de agua aplicando alrededor de la base.

Poda de esquejes: Se realizó tres tipos de podas, la de formación eliminando brotes más cercanos al suelo, la poda de fructificación eliminando los tallos improductivos, y la poda sanitaria que consistió quitar brotes enfermos y se aplicó pasta sulfocalcica para sellar heridas y cicatrizar.

3.6 DESARROLLO DE LOS BROTES TIERNOS DE LA CRUCETA

Se realizó el corte de los brotes en el mes de febrero a mayo del 2023, se identificaron los brotes tiernos posicionados por la areola a los primeros cinco días, regularmente protegida por numerosas espinas alrededor, y en la parte apical con espinas de coloraciones amarillas, con tonalidades café oscuro. A los 15 días se colectaron los brotes más desarrollados con espinas color café tendientes al color gris, con una epidermis de color verde brillante, suave y blanda, con buena sanidad y con un tamaño de 11 a 18 cm.

Para la colecta de las muestras se usó una tijera de podar y guantes para evitar el roce de las espinas en las manos y para cuidar el brote vegetativo. El corte del tallo tierno se realizó de la parte basal que es la unión del tallo con el brote, sin ocasionar daño al brote tierno ni al tallo maduro, y las heridas provocadas por el corte fueron tratadas para evitar infecciones por hongo o enfermedades en la planta.

Las muestras de los tallos tiernos colectados, fueron preparados extrayendo las espinas de la epidermis con un cuchillo por medio de un corte horizontal, y se cortó el brote por la mitad y se hicieron cortes horizontales y luego verticales para obtener muestras pequeñas, y después introducirlas en una bolsa ziploc de calidad alimenticia.

Figura 2. Desarrollo de la planta de cruceta (A), y los tallos tiernos (B) en los meses de febrero a mayo.



3.7 ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS VEGETALES

Una vez realizada la colecta los brotes vegetativos como se describe anteriormente, se realizó el sellado de la bolsa, verificando que no permitiera la entrada de aire y se almacenó en un congelador, con la intención de evitar la deshidratación del material vegetativo, con su respectiva identificación utilizando etiquetas. El estudio de análisis proximal de los brotes tiernos de cruceta se llevó a cabo en el laboratorio “LIRA” del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Boca del Río (INEGI, 2010), en el año 2023 y se terminó de analizar en el año 2024.

3.8 ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CRUCETA

A través del análisis proximal se determinó los principales componentes de los tallos tiernos de la cruceta, las variables de estudio analizadas fueron la humedad (%), proteína (g), grasa (g), fibra (g), cenizas (g), carbohidratos (g), y las concentraciones de Arsénico (mg/kg). Se realizaron dos replicas por muestra en el laboratorio y las técnicas con las que se trabajaron en este estudio son los métodos de Soxhlet y el método de Kjeldahl (Cuadro 2).

Cuadro 2. Métodos para la determinación del análisis proximal en cruceta con base a las normas mexicanas.

Variables de estudio	Método
Determinación de humedad	NOM-116-SSA1-1994 (Tratamiento térmico, método arena o gasa).
Determinación de ceniza	NMX-Y-362-SCFI-2019
Determinación de grasas	NMX-AA-005-SCFI-2000
Determinación de proteína	NOM-F-68-S-1980
Determinación de fibra dietética	NMX-F-622-NORMEX 2008
Determinación de carbohidrato	Extracto Libre de Nitrógeno (ELN),
Determinación de Arsénico	NOM-117-SSA1-1994

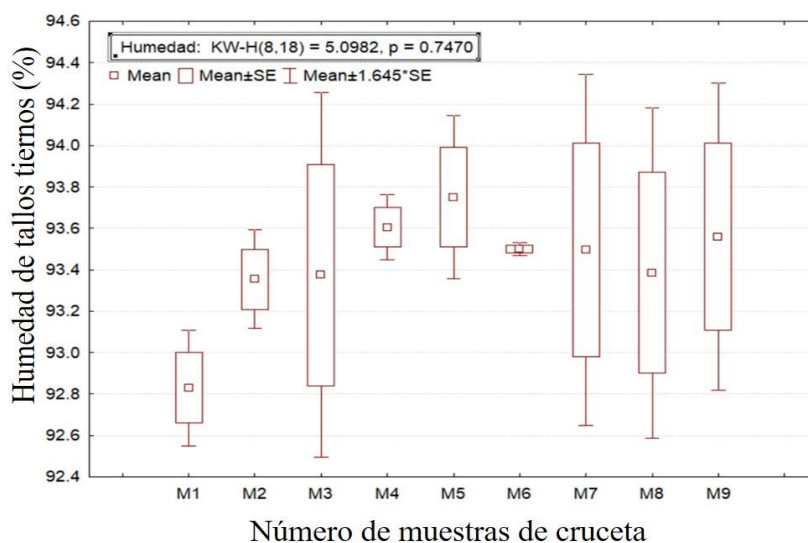
3.9 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los resultados obtenidos de los análisis fueron analizados con el software Statistica versión 7, realizando un análisis paramétrico (ANOVA) y no paramétrico de Kruskal-Wallis.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

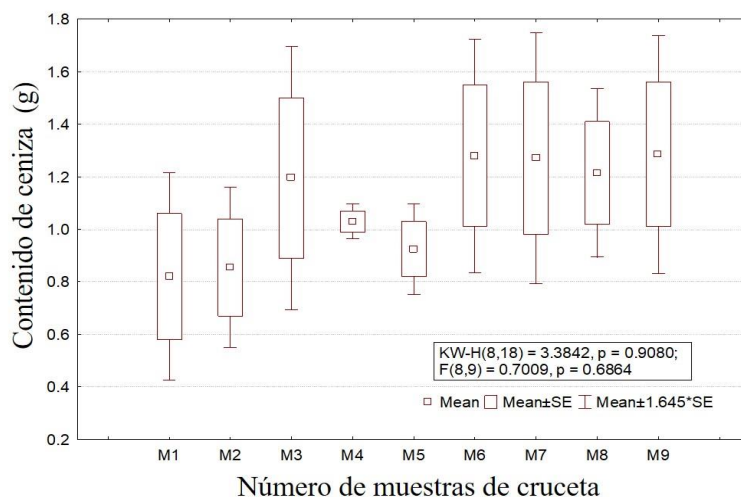
La Figura 3, los resultados indican que no existe diferencia significativa ($\alpha = 0.05$) entre los materiales con relación al porcentaje de humedad. Es decir que los tallos tienen cierto nivel de similitud en cuanto a su porcentaje de humedad. Se observó que la muestra M5 proveniente de la localidad “El Castillo” tiene un promedio de 93.7% de humedad en sus tallos, siendo el porcentaje más alto en comparación con las demás muestras. Por el contrario, la muestra M1 del municipio de Paso de ovejas tiene una media de 92.8% de humedad más baja en los tallos tiernos de cruceta. Estudios en *Acanthocereus tetragonus*, sugieren una alta capacidad de retención de agua en esta cactácea cercana al 100% de humedad (Lagunes et al., 2019). No obstante, en la misma especie de *A. tetragonus* se reportaron valores de humedad de 87.95 g/100 g en base seca, lo que indica una posible variabilidad relacionada con las condiciones ambientales (Juárez et al., 2012). Por lo que, factores de altas temperaturas (60°C) y radiación solar, pueden influir en el comportamiento fisiológico de la especie (Hernández y Cruz, 2021). Por ejemplo estas condiciones influyen en la disponibilidad de agua, y en el contenido relativo de agua (CRA), favoreciendo mecanismos adaptativos desde su sistema radical, la superficie foliar transformada en espinas y en el cierre de estomas para minimizar la pérdida de agua por transpiración (Vázquez et al., 2017).

Figura 3. Determinación de humedad (%) en tallos tiernos de cruceta



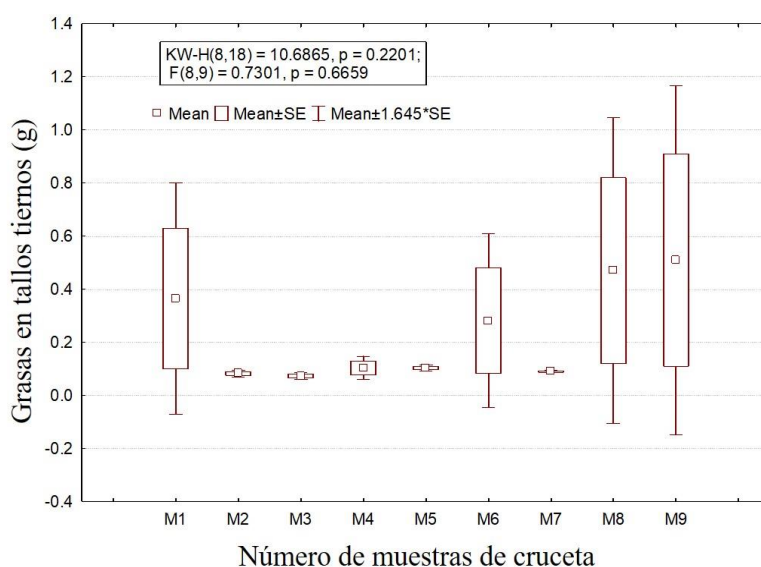
En la Figura 4, se observan los parámetros de ceniza contenidos en los tallos de cruceta, de las diferentes accesiones de cruceta de la zona centro de Veracruz, estos resultados muestran que no se observaron diferencias estadísticas significativas (nivel de significancia de $\alpha=0.05$), en los valores medios de las accesiones de cruceta. La muestra M9 procedente de la localidad “La Capilla” del municipio de Cotaxtla, Veracruz tiene un alto contenido de ceniza de un 1.3 g y la muestra M1 del municipio de Paso de Ovejas tiene una concentración de 0.8 g de cenizas, considerándose una media menor al resto de las muestras de los tallos de la cruceta. Respecto a estudios de análisis proximal en cruceta se registraron valores de 0.68 g (Lagunes et al., 2019). Sin embargo, Juárez et al., (2012) reportó 12.12 g de ceniza en los tallos tiernos de cruceta, valores altos reportados respecto a los obtenidos en este estudio.

Figura 4. Determinación de ceniza (g) en tallos tiernos de cruceta



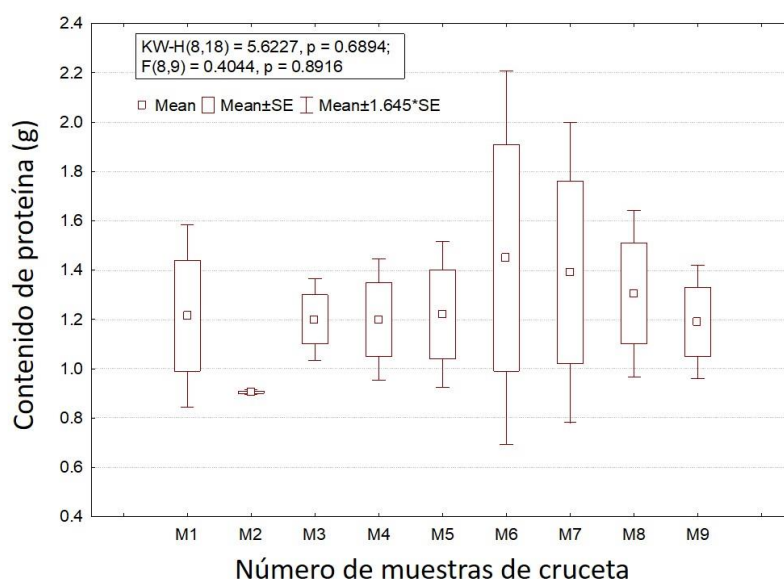
En la Figura 5, se observan las concentraciones de grasas de las muestras de cruceta, los resultados muestran que en el contenido de grasa de los tallos de cruceta no presentan diferencias estadísticas significativas en los valores medios. Observándose que los tallos de la muestra M9 perteneciente a la localidad de “La Capilla” tiene un alto contenido de grasa de 0.5 g. Estudios de *Acanthocereus tetragonus*, como fuente alternativa de alimento demostraron que los tallos jóvenes proporcionan proteína cruda, fibra y minerales esenciales, pero en el proceso de cocción se detectaron ácidos carboxílicos, ácidos treónico, cítrico y malico, ácido fenólicos, y flavonoides glicosilados (Cornejo-Campos et al., 2022).

Figura 5. Determinación de grasa (g) en tallos tiernos de cruceta



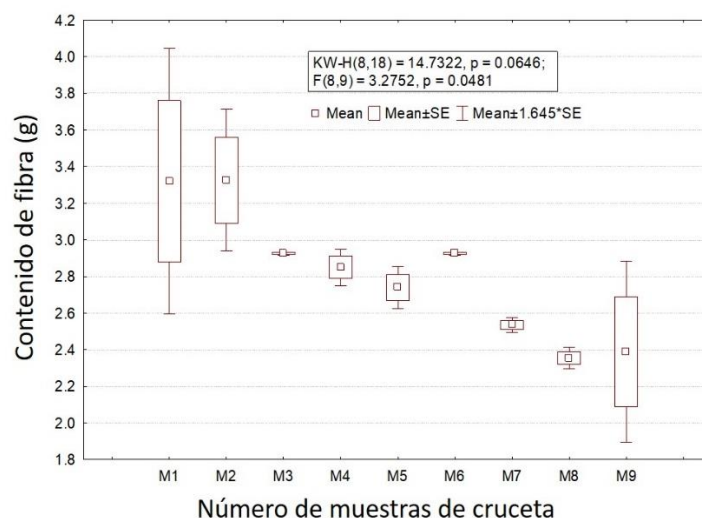
En los datos analizados de proteína de los tallos tiernos de cruceta (Figura 6), se observó que no existe diferencias estadísticamente significativas entre las muestras analizadas. La media más alta de proteína de los tallos tiernos de cruceta, fue la muestra M6 de la localidad “Estanzuela” con una concentración de 1.4 g de proteína y la media más baja es la muestra M2 de la localidad “Tolome” con un 0.7g de proteína. Estudios en cactáceas de nopal de cerro (*Opuntia lasiacantha*), se encontró 1.26 % de proteína, estos resultados son similares a lo reportado en el análisis proximal de esta investigación (Pérez et al., 2015). Por otra parte, se reporta que en la época de estiaje la proteína de *Opuntia ficus-indica* oscila entre 4.38 y 8.34 %, a diferencia de los resultados obtenidos en esta investigación que fue la muestra procedente de “Estanzuela” que fue el más alto de 1.4 %. Hernández et al., (2011) menciona que la proteína encontrada en *Opuntia* spp. se incrementa en respuesta a la acidez y salinidad de los suelos. Además, el estrés hídrico puede favorecer la síntesis de proteínas de reserva como mecanismo de supervivencia en condiciones áridas.

Figura 6. Determinación de proteína (g) en tallos tiernos de cruceta



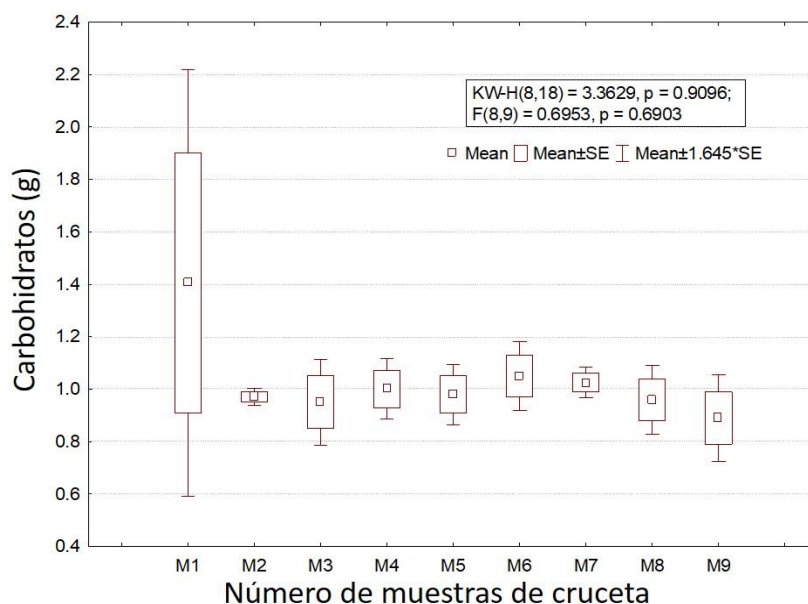
En la variable fibra en tallos tiernos de cruceta los valores obtenidos presentan diferencias estadísticas significativas (Figura 7). Los valores altos fueron para la M1 de la localidad Paso e Ovejas de 1.4 g y la M2 de la localidad de “La Capilla”, del municipio de Cotaxtla, Veracruz con 0.9 g. Resultados similares se encontraron en la época de estiaje, en *Opuntia ficus-indica* acumulando en niveles más altos de fibra (25.13 a 32.90 %), lo que puede deberse a la disminución de la humedad en el suelo y a la necesidad de la planta de generar biomasa en condiciones adversas (Camacho, 2007). Por otra parte, Pérez et al., (2015) reportó valores de 5.0 % en el nopal de cerro, mientras que el nopal en condiciones de invernadero presentó valores de 3.77 %, similares a los obtenidos de la muestra de la localidad de “Tolome” del municipio de Paso de Ovejas, Veracruz.

Figura 7. Determinación de fibra (g) en tallos tiernos de cruceta



En la Figura 8, se presentan los resultados respecto a las concentraciones de carbohidratos en los tallos tiernos de cruceta, no hubo diferencias estadísticas significativas para las diferentes muestras analizadas. La M1 de Paso de Ovejas presentó valores altos de 1.4 g, respecto a las demás muestras analizadas. En *O. ficus-indica* Pérez et al., (2015) reportó porcentajes altos de carbohidratos en épocas de lluvias 64.17 %, estos resultados son diferentes a lo detectado en el estudio. Por lo que, la acumulación de carbohidratos puede estar influenciada por la disponibilidad de agua y las condiciones climáticas. En este sentido las cactáceas podrían ajustar su metabolismo en respuesta a la humedad, favoreciendo el almacenamiento de energía cuando las condiciones son óptimas. El contenido de carbohidratos en *Opuntia* spp. también muestra variabilidad. González et al., (2020) reportaron 0.6 % en el nopal de cerro y 5.0 % en el nopal en condiciones de invernadero. Esto sugiere que, aunque la cruceta no es una fuente destacada de carbohidratos, presenta niveles superiores a los del nopal de cerro, lo que puede ser relevante para su potencial de uso alimenticio.

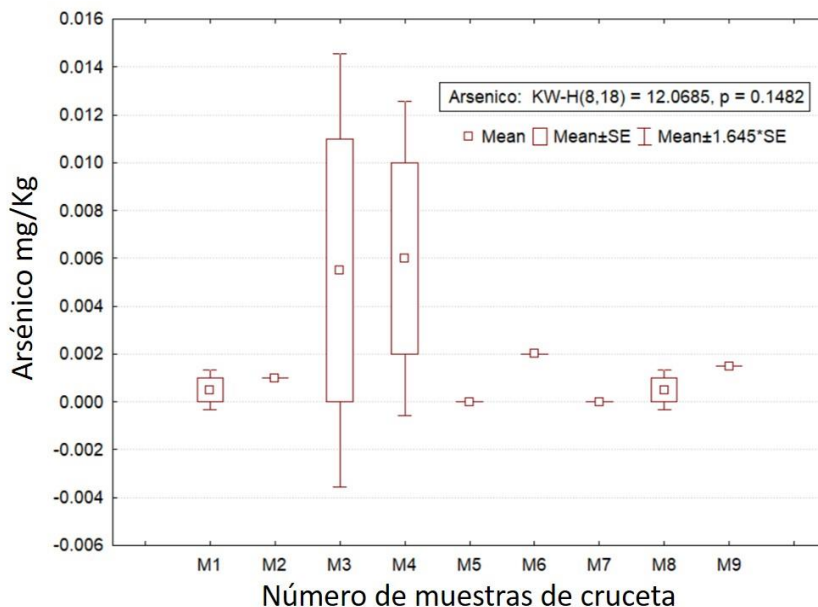
Figura 8. Determinación de carbohidratos (g) de tallos tiernos de cruceta



Los resultados de la determinación de arsénico (Figura 9) de los tallos tiernos de cruceta, se determinó que no se encuentra diferencias estadísticas significativas entre las diferentes accesiones de cruceta. Los valores medios de arsénico la muestra correspondiente a M4 (Carretera Veracruz-Xalapa) fue ≥ 0.006 mg/kg, seguido de los valores encontrados en la M3 (El Hatillo, de la Antigua Ver.) de ≤ 0.006 mg/kg. El arsénico (As) se considera un metal pesado ya que tiene una densidad mayor a los 5 g cm⁻³ que en altas concentraciones puede resultar tóxico para el ser humano (Spain y Alm, 2003). Este resultado indica valores bajos para el consumo, además, que el contenido de arsénico depende del tipo de alimento y de las condiciones como el tipo de suelo, el agua, la

actividad geoquímica y el uso de pesticidas arsenicales (Medinai et al., 2018). Su bajo nivel refuerza el potencial de la cruceta como un alimento viable dentro de una dieta equilibrada.

Figura 9. Determinación de arsénico (mg/kg), en tallos tiernos de cruceta



En el Cuadro 3, se muestra los rangos obtenidos de las variables medidas en los brotes de cruceta tierna se encontró valores de arsénico, esto indica que hay un nivel contaminación en suelos en donde prospera de manera natural, actualmente el elemento se encuentra distribuido ampliamente en el ambiente, está presente en alimentos, agua, suelo y aire. Generalmente la concentración de arsénico en suelo varía de 1 a 40 mg/kg con un promedio de 3 a 4 mg/kg, y los niveles de arsénico en alimentos se reportan en un rango de 20 a 140 $\mu\text{g/kg}$, y las concentraciones de arsénico inorgánico son más bajas, por lo que la presencia de arsénico encontrados en el estudio son bajos, genera preocupación si las concentraciones, con el manejo agronómico propicie una bioacumulación, ya que muchos de los metales pesados son arrastrados por los procesos de escorrentía o la aplicación de fertilizantes foliares (ATSDR, 2005).

Cuadro 3. Rangos del análisis proximal de brotes tiernos de cruceta colectados en la zona centro de Veracruz, México.

Variables de estudio	Contenido
	Valores medios
Humedad (%)	93.99-92.8
Ceniza (g)	1.3-0.89
Grasa (g)	0.5-0.01
Proteína (g)	1.4-0.7
Fibra (g)	3.3-2.32
Carbohidrato (g)	1.4-0.9
Arsénico (mg/Kg)	0.006-<0.001

5 CONCLUSIÓN

La cruceta contiene alto porcentaje de humedad en los tallos tiernos, además, que posee la capacidad de almacenar grandes cantidades de agua. Los tallos de la cruceta contienen 1.4% de proteína, siendo una fuente vegetal que favorece la ingesta diaria de proteína; contiene cantidades de fibra importantes como fuente nutricional con beneficios para la salud digestiva. La concentración de arsénico encontrado no es un riesgo para la salud pública, por lo que la cruceta es un alimento viable para el consumo humano y es una alternativa para utilizarlo como forraje para animales, y presenta alta adaptabilidad a zonas áridas o semiáridas con escases de agua o para zonas rurales muy vulnerables. La cruceta tiene la capacidad de absorber arsénico del suelo, por lo que, podría utilizarse como una tecnología de fitorremediación para suelos contaminados por metales pesados.

REFERENCIAS

- AGENCIA PARA SUSTANCIAS TÓXICAS Y EL REGISTRO DE ENFERMEDADES (ATSDR). Reseña Toxicológica del Arsénico (versión para comentario público) (en inglés). Atlanta, GA: Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU., Servicio de Salud Pública. 2005. https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs2.html
- ALANÍS-FLORES, G. J., y VELAZCO-MACÍAS, C. G. Importancia de las cactáceas. XI, 5–11. 2008b
- CAMACHO, O., VALDIVIA, C. P., Y URDANETA, A. S. Efecto del potencial hídrico del suelo en el crecimiento y contenido de polisacáridos estructurales de nopalito (*Opuntia* spp.). Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia, 24. 2007. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:87517740>
- CICY, PPD-FMAM, CONABIO, y SEDUMA. Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. Biodiversidad y Desarrollo Humano En Yucatán., 191–192. 2010
- CORNEJO-CAMPOS, J., GÓMEZ-AGUIRRE, YA., VELÁZQUEZ-MARTÍNEZ, JR., RAMOS-HERRERA, OJ., CHÁVEZ-MURILLO, CE., CRUZ-SOSA, F., ARECHE, C., y CABAÑAS-GARCÍA, E. Impacto del proceso de cocción en el perfil de metabolitos de *Acanthocereus tetragonus*, una planta de consumo tradicional en México. Moléculas , 27 (12), 3707. 2022. <https://doi.org/10.3390/molecules27123707>
- DREZNER, Z. The keystone saguaro (*Carnegiea gigantea*, Cactaceae): A review of its ecology, associations, reproduction, limits, and demographics. Plant Ecology, 215. 2014 <https://doi.org/10.1007/s11258-014-0326-y>
- GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, F., CHÁVEZ-POLANCO, D., GONZÁLEZ DE LA TORRE, S., GONZÁLEZ-GOVEA, M., SUÁREZ-MEDINA, E., SOLTERO-SÁNCHEZ, J., CASTAÑEDA-AGUIRRE, E., TREJO-PEREA, N., Y LUNA-DÍAZ, J. Determinación del valor bromatológico y contenido de mucílago en el nopal (*Opuntia* spp.) de cerro y de invernadero, del estado de Michoacán. Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos, 5, 184–188. 2020. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume5/5/3/37.pdf>
- GUZMÁN, D., Y CHÁVEZ, J. Chemical compositional study of nopal (*Opuntia ficusindica*) cladophyll for human consumption. Rev Soc Quim Perú, 73(1), 41–45. 2007.
- GUZMÁN, U., ARIAS, S., Y DÁVILA, P. 478866107-Catalogo-de-Cactaceas-Mexicanas-Ulises-Guzman-UNAM-2003-pdf.pdf.crdownload.2003.
- HERNÁNDEZ-LEDESMA, P., Y CRUZ-ESTEBAN, S. Las pequeñas cactáceas: ¿camuflaje o simple coincidencia? Elementos, 121, 71–76. 2021.
- HERNÁNDEZ-URBIOLA, M. I., PÉREZ-TORRERO, E., Y RODRÍGUEZ-GARCÍA, M. E. Chemical analysis of nutritional content of prickly pads (*Opuntia ficus-indica*) at varied ages in an organic harvest. International Journal of Environmental Research and Public Health, 8(5), 1287–1295. 2011. <https://doi.org/10.3390/ijerph8051287>
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI). Compendio de información geográfica de los Estados Unidos Mexicanos 2010. Veracruz de Ignacio de la Llave. 2010. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=702825293192>

JUÁREZ CRUZ, A. Caracterización química y estomática y crecimiento de tallos de *Acanthocereus tetragonus*, *A. subinermis* e *Hylocereus undatus*. Colegio de Postgraduados, 120. 2011. http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/256/Sanchez_Borja_M_DC_Fito_sanidad_2010.pdf?sequence=1

JUÁREZ-CRUZ, A., LIVERA-MUÑOZ, M., SOSA-MONTES, E., GOYTIA-JIMÉNEZ, MA. A., GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, V. A., Y BÁRCENA-GAMA, R. Composición química de tallos inmaduros de *Acanthocereus* spp. e *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose. *Revista fitotecnia mexicana*, 35(2), 171-175. 2012. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802012000200009&lng=es&tlng=es.

LAGUNES-VELA, K. G. Caracterización del mucílago de cruceta y efecto de su consumo en un modelo murino con síndrome metabólico. Tesis de posgrado. TecNM/Instituto Tecnológico de Veracruz. 2019. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/2519>

MARTÍNEZ, E. A., Y LOZANO, K. D. Dieta tradicional saludable para México en el contexto de los Objetivos del Desarrollo Sostenible. *Estudios Sociales. Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional*. 2023. <https://doi.org/10.24836/es.v33i61.1293>

MARTÍNEZ-MOTA, R., VÁZQUEZ DOMÍNGUEZ, G., SILVA RIVERA, E., Y VELÁZQUEZ-ROSAS, N. Las dietas tradicionales, su impacto en el microbioma intestinal y la salud humana. *Journal of Behavior and Feeding*, 3(5), 10–15. 2023. <https://doi.org/10.32870/jbf.v3i5.39>

MEDINA-PIZZALI, M., ROBLES, P., MENDOZA, M., Y TORRES, C. Ingesta de arsénico: el impacto en la alimentación y la salud humana. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(1), 93. 2018. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.351.3604>

NATARÉN VELÁZQUEZ, J., DEL ÁNGEL PÉREZ, A. L., MEGCHUN GARCIA, J.V., RAMÍREZ HERRERA, E., IBARRA PÉREZ, F. J. Colecta y caracterización morfológica de izote (*Yucca elephantipes*) y cruzeta (*Acanthocereus tetragonus*), del estado de Veracruz. *Prospectiva de la investigación agrícola en el siglo XXI en México*. Primera Edición. pp137-151.2020.

NORMA MEXICANA NMX-AA-005-SCFI-2000. Análisis de agua-determinación de grasas y aceites recuperables en aguas naturales, residuales y residuales tratadas-Método de prueba (Cancela a la NMX-AA-005-1980).

NORMA MEXICANA NMX-F-068-S-1980. Alimentos, determinación de proteínas. *Foods Determination of proteins. Normas Mexicanas. Dirección general de normas*. <https://es.scribd.com/doc/217844875/NMX-F-068-S-1980proteinas>

NORMA MEXICANA NMX-F-622-NORMEX-2008. Alimentos-determinación de fibra dietética, fracción insoluble y fracción soluble (Metodo Gravimetrico Enzimatico) en alimentos-método de prueba. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5051563

NORMA MEXICANA NMX-Y-362-SCFI-2019. Alimentos para animales-determinación de cenizas en alimentos terminados e ingredientes para consumo animal. <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nmx-y-362-scfi-2019/>

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-116-SSA1-1984, Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por erana o gasa. <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nom-116-ssa1-1994/>

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-117-SSA1-1994. Bienes y servicios. Método de prueba para la determinación de cadmio, arsénico, plomo, estaño, cobre, fierro, zinc y mercurio en alimentos, agua potable y agua purificada por espectrometría de absorción atómica. <https://platiica.economia.gob.mx/normalizacion/nom-117-ssa1-1994/>

OLALDE-LIBEROS, G. J., RICAÑO-POLO, E. M., PÁEZ-HUERTA, G., Y MORGADO VIVEROS, E. Indicadores de Accesibilidad y su relación con la seguridad alimentaria y nutricional en el estado de Veracruz, México. 89–97. 2025.

ORTEGA-LARROCEA, M. DEL P., XOCONOSTLE-CÁZARES, B., MALDONADO-MENDOZA, I. E., CARRILLO-GONZÁLEZ, R., HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, J., GARDUÑO, M. D., LÓPEZ-MEYER, M., GÓMEZ-FLORES, L., Y DEL CARMEN A. GONZÁLEZ-CHÁVEZ, M. Plant and fungal biodiversity from metal mine wastes under remediation at Zimapan, Hidalgo, Mexico. *Environmental Pollution*, 158(5), 1922–1931. 2010. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2009.10.034>

PÉREZ SÁNCHEZ, R. E., DELGADO SÁNCHEZ, L. A., GARCÍA SAUCEDO, P. A., PULIDO SECUNDINO, J., Y ORTIZ RODRÍGUEZ, R. Caracterización, modelación morfológica y análisis proximales de *Opuntia ficus-indica* y *O. atropes* durante las épocas de estiaje y lluvias. *Nova Scientia*, 7(15), 133. 2015. <https://doi.org/10.21640/ns.v7i15.312>

SÁENZ, C. Utilización agroindustrial del nopal. *Boletín de Servicios Agrícolas de La FAO*. 2006.

SCHWERTNER, L., TREVIÑO, J., Y DELGADO, R. Las fascinantes adaptaciones de las cactáceas y su historia evolutiva. *CIENCIA Ergo-Sum*, 30(2), 0–7. 2022. <https://doi.org/10.30878/ces.v30n2a9>

SEGOVIA, D. El derecho a la alimentación y la pérdida de la soberanía alimentaria. *Base Investigaciones Sociales Derechos Humanos*, 401–411. 2005. <http://biblioteca.clacso.edu.ar/gsd/collect/py/py-002/index/assoc/D7456.dir/15alimentacion.pdf>

SPAIN, A. Y ALM, E. Implications of Microbial Heavy Metal Tolerance in the Environment. 2(1985), 1–6. 2003.

VÁZQUEZ-SÁNCHEZ, M., TERRAZAS, T., GREGO-VALENCIA, D., y ARIAS, S. Growth form and wood evolution in the tribe Cactaeae (Cactaceae). *Willdenowia*, 47(1), 49–67. 2017. <https://doi.org/10.3372/wi.47.47106>

WILLETT, W., ROCKSTRÖM, J., LOKEN, B., SPRINGMANN, M., LANG, T., VERMEULEN, S., GARNETT, T., TILMAN, D., DECLERCK, F., WOOD, A., JONELL, M., CLARK, M., GORDON, L. J., FANZO, J., HAWKES, C., ZURAYK, R., RIVERA, J. A., DE VRIES, W., MAJELE SIBANDA, L., ... MURRAY, C. J. L. Food in the anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *The Lancet*, 393(10170), 447–492. 2019. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31788-4](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4)