

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE**  
**ALIMENTOS**



**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE DOS ESPECIES DE XOCONOSTLE (*Opuntia oligacantha* y *joconostle*) PARA EVIDENCIAR SUS CUALIDADES NUTRITIVAS**

**Por:**

**PASCUAL CANUTO CHÁVEZ**

**Tesis:**

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS BUENAVISTA,  
SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.**

**MARZO DE 2010**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE DOS ESPECIES DE *XOCONOSTLE* (*Opuntia oligacantha* y *joconostle*) PARA EVIDENCIAR SUS CUALIDADES NUTRITIVAS

Por:

PASCUAL CANUTO CHÁVEZ

TESIS:

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Aprobado por el comité de tesis

Presidente del Jurado

  
Lic. Laura Olivia Fuentes Lara

Sinodal

  
Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó

Sinodal

  
Dr. Adalberto Benavides Mendoza

Coordinador de la División de Ciencia Animal

  
Ing. José Rodolfo Peña Oranday

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Marzo del 2010

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"



COORDINACIÓN DE  
CIENCIA ANIMAL

## AGRADECIMIENTOS

### **A Dios:**

A ti señor por haberme permitido llegar a una etapa, más de mi vida como estudiante y por con cederme el deseo de lograr mis objetivos y por ser mí guía y por estar en todo momento junto a mí, así ilumíname para poder seguir con el camino del bien.

A mi **ALMA TERRA MATER** por haber constituido el más firme pilar en mi especialidad, pero sobre todo por haberme otorgado el privilegio de ser egresado de una más de sus generaciones.

A la **Lic. Laura Olivia Fuentes Lara**, en primera instancia por permitirme realizar esta investigación, así como su paciencia y comprensión para la culminación de este trabajo y por su gran amistad, muchas gracias.

Al **Dr. Adalberto Benavides Mendoza**, por formar parte de este trabajo tan importante en mi carrera.

Al **Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó**, por su gran amistad, el apoyo, la paciencia y el tiempo dedicado durante la carrera y en especial en la revisión del presente trabajo.

Al **T.L.Q. Carlos Alberto Arévalo Sanmiguel** por su gran amistad, consejos y por su apoyo brindado en el laboratorio muchas gracias.

A **MIS MAESTROS** quienes formaron parte importante en mi formación académica, gracias por enseñanzas, consejos y conocimientos.

A todas aquellas personas que colaboraron en la realización de este trabajo solo me resta de sir le muchas gracias.

## DEDICATORIA

A **Dios** por no dejarme solo en los momento más difíciles de mi vida y por ayudarme a cumplir mis metas.

A mis padres:

**ISIDRO CANUTO CHÁVEZ**

**JUANA CHÁVEZ RAMÍREZ**

Gracias principalmente a ustedes por haberme dado la vida y también por su cariño y amor, comprensión, consejos y dándome siempre sus bendiciones que me ayudaron a salir adelante y por el esfuerzo que hicieron para que yo pudiera llegar hasta esta etapa de mi vida y por depositar tu confianza en mí y pues este logro es de ustedes, los amo mucho.

**A mis hermanos:** Rosa, Valentina, Alberta y Margarito por todos su cariño y amor y por los momentos que hemos convivido juntos y por brindarme su apoyo muchas gracias.

A **mis sobrinos** por su apoyo y cariño que me han brindado gracias.

A mis amigos **Cándidos Soto Ramírez, Armando Tapia Castro, Marcos Hernández Jiménez, Jesús Santiago Ríos**. Gracias por brindarme su amistad y a mis compañeros de mi carrea gracias por todos los momentos que convivimos juntos dentro y fuera de la universidad muchas gracias.

<b>ÍNDICE GENERAL</b>	<b>Pág.</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	I
<b>DEDICATORIAS.....</b>	II
<b>ÍNDICE GENERAL.....</b>	III
<b>ÍNDICE DE CUADROS.....</b>	VI
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	VI
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	VII
<b>RESUMEN.....</b>	VIII
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	1
<b>Objetivos.....</b>	2
Objetivos generales.....	2
Objetivos específicos.....	2
<b>1.2 Justificación.....</b>	3
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	4
<b>2.1 Origen y distribución geográfica de la <i>Opuntia</i>.....</b>	4
2.1.1 Descripción de los componentes del nopal y su función.....	5
2.1.2 Aspectos generales del nopal.....	7
2.1.3 Clasificación taxonómica del nopal.....	9
2.1.4 Aprovechamiento y utilización del nopal.....	10

<b>2.2 <i>Xoconostles</i>.....</b>	<b>11</b>
2.2.1 Características del <i>Xoconostle</i> .....	12
2.2.2 Propiedades del fruto <i>Xoconostle</i> .....	16
<b>2.3 Principales plagas y enfermedades que representan para los <i>Xoconostle</i> en México.....</b>	<b>18</b>
<b>2.4 La tuna.....</b>	<b>21</b>
<b>2.5 Características principales del <i>Xoconostle Opuntia joconostle</i> y <i>Opuntia oligacantha</i>, especies que se encuentran en el estado de Hidalgo.....</b>	<b>22</b>
<b>2.6 Distribución geográfica.....</b>	<b>25</b>
<b>2.7 Aprovechamiento de la tuna.....</b>	<b>25</b>
<b>2.8 Industrialización de la tuna y <i>Xoconostle</i>.....</b>	<b>26</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1 Materia prima.....</b>	<b>28</b>
<b>3.2 Equipo y Materiales.....</b>	<b>28</b>
<b>3.3 Reactivos.....</b>	<b>30</b>
<b>3.4 Metodología.....</b>	<b>31</b>
<b>3.5 Análisis Físico-Químico de la materia prima.....</b>	<b>31</b>
3.5.1 Materiales seca total o sólidos totales.....	31
3.5.2 Determinación de humedad.....	31
3.5.3 Cenizas totales (minerales).....	31

<b>3.5.4 Minerales</b> .....	31
<b>3.5.4.1</b> Métodos de absorción atómica.....	31
<b>3.5.4.2</b> Método de Fósforo por calorimetría.....	32
<b>3.5.5</b> Proteína (Método Kjeldhal).....	32
<b>3.5.6</b> Lípidos.....	33
<b>3.5.7</b> Determinación de fibra cruda.....	33
<b>3.5.8</b> Determinación de carbohidratos totales.....	34
<b>3.5.9</b> Determinación de contenido calórico.....	34
<b>3.6</b> Determinación de pH.....	35
<b>3.7</b> Determinación de grados Brix (sólidos solubles de sacarosa).....	35
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	36
<b>5. CONCLUSIONES</b> .....	43
<b>6. LITERATURA CITADA</b> .....	44

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>No. de cuadro</b>	<b>Pág.</b>
<b>Cuadro 1.</b> Clasificación taxonómica del nopal.....	9
<b>Cuadro 2.</b> Características distintivas entre <i>Xoconostle</i> y tuna.....	14
<b>Cuadro 3.</b> Distribución y tipo de nopaleras de algunas especies de <i>Xoconostle</i> ( <i>Opuntia spp.</i> ) en México.....	17
<b>Cuadro 4.</b> Principales plagas del nopal ( <i>Opuntia spp.</i> ).....	18
<b>Cuadro 5.</b> Principales enfermedades del nopal ( <i>Opuntia spp.</i> ).....	20
<b>Cuadro 6.</b> Características de <i>Opuntia joconostle</i> .....	22
<b>Cuadro 7.</b> Características de <i>Opuntia oligacantha</i> .....	23

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>No. de figuras</b>	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Planta de <i>Xoconostle</i> .....	13
<b>Figura 2.</b> Corte longitudinal del <i>Xoconostle</i> .....	13
<b>Figura 3.</b> <i>Xoconostle</i> .....	15
<b>Figura 4.</b> Tuna.....	15
<b>Figura 5.</b> Imágenes de las características de la <i>Opuntia</i> .....	24
<b>Figura 6.</b> La localización geográfica de la <i>Opuntia joconostle</i> y <i>Opuntia oligacantha</i> en el estado Hidalgo.....	25



## ÍNDICE DE TABLAS

No. de tablas	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Cenizas (minerales) de las dos especies de <i>Xoconostles</i> .....	36
<b>Tabla 2.</b> Proteína de las dos especies de <i>Xoconostles</i> .....	37
<b>Tabla 3.</b> Lípidos de las dos especies de <i>Xoconostles</i> .....	37
<b>Tabla 4.</b> Fibra cruda de las dos especies de <i>Xoconostles</i> .....	38
<b>Tabla 5.</b> Carbohidratos de las dos especies de <i>Xoconostles</i> .....	38
<b>Tabla 6.</b> Cantidad de Zn presente en las dos especies de <i>Xoconostles</i> .....	39
<b>Tabla 7.</b> Cantidad de Mn presente en las dos especies de <i>Xoconostles</i> .....	39
<b>Tabla 8.</b> Porcentaje de Na presente en las dos especies de <i>Xoconostles</i> .....	40
<b>Tabla 9.</b> Porcentaje de Mg presente en las dos especies de <i>Xoconostles</i> .....	40
<b>Tabla 10.</b> Porcentaje de K presente en las dos especies de <i>Xoconostles</i> .....	41
<b>Tabla 11.</b> Porcentaje de Ca presente en las dos especies de <i>Xoconostles</i> .....	41
<b>Tabla 12.</b> Porcentaje de P presente en las dos especies de <i>Xoconostles</i> .....	42

## RESUMEN

Los *Xoconostles* (del nahual *xoco*: agrio y *nochtli*: tuna), que quiere, decir tuna ácida. Sus frutos poseen una cáscara succulenta y ácida y pulpa escasa y constituyen un recurso vegetal utilizado principalmente en las zonas áridas y semiáridas de México, son de amplio uso en la actualidad presentan gran potencial económico debido a sus múltiples usos: condimentación de varios platillos regionales, dulces cristalizados y por sus propiedades medicinales (diabetes, obesidad y enfermedades respiratorias); sin embargo, hay pocos estudios sobre su cultivo y producción. El objetivo de este trabajo fue Comparar la calidad nutrimental entre las dos especies de *Xoconostles* (*Opuntia oligacantha* y *Opuntia joconostle*) y establecer cuál de estas especies es la que tiene un mayor contenido nutrimental. Se obtuvieron los frutos en el municipio de Santiago de Anaya en el Estado de Hidalgo, los frutos se sometieron a un proceso de deshidratación y pulverización. Del *Xoconostle* en polvo de cada especie, se obtuvieron muestras para realizar las determinaciones Físico-Químicas (cenizas, proteína, lípidos, fibra cruda, carbohidratos); así como también los minerales: (Zn, Mn, Mg, Na, K, Ca y P). Las dos especies *O. oligacantha* y *O. joconostle*, en los frutos estudiados se encontraron las principales diferencias en el contenido de cenizas (14.91 y 13.35 %), proteína (2.84 y 1.25 %), lípidos (1.31 y 0.56 %), fibra cruda (7.52 y 8.99) y carbohidratos (73.43 y 75.86 %) y como también en minerales Zn (23.67 y 84.17 mg/kg<sup>-1</sup>), Mn (71.50 y 49.33 mg/kg<sup>-1</sup>), Mg (1.98 y 0.97 %), Na (0.18 y 0.05 %), K (1.69 y 1.09 %), Ca (1.15 y 0.87 %) y P (3.78 y 0.97 %). Así la especie de mejor calidad nutrimental fue *O. oligacantha*.

PALABRAS CLAVE: *Xoconostle*, tuna, nopal, *Opuntia*

# 1. INTRODUCCIÓN

Las cactáceas ha sido motivo de atención en nuestro país desde tiempos remotos entre las tribus prehispánicas, como lo muestra su historia según se deduce de sus tradiciones, condices, monumentos y las voces con que las designaron y que aún persisten en la actualidad. Dentro de estas destacan las *Opuntias* comúnmente conocido como nopales que han sido de interés en nuestro país por sus múltiples usos. Una de sus especies es el *Xoconostle* (del náhuatl *xoco*: agrio y *nochtli*: tuna), es decir, tuna ácida. Estas son un grupo de plantas, generalmente del subgénero *Opuntia*, que se caracterizan por sus frutos (*Xoconostle*) con cáscara succulenta, ácida y pulpa escasa; los nopales tuneros de este mismo subgénero presentan frutos (tunas) con pulpa muy abundante generalmente dulce y cascara delgada. En México existen unas once especies de *Opuntia* con frutos tipo *Xoconostle*. El nopal (*Opuntia spp.*) crece en las condiciones adversas del semidesierto, se mantiene en suelos pobres y con bajas precipitación, siendo una fuente muy importante de alimento para la población rural. Actualmente se ha venido impulsando el cultivo del nopal, sin embargo el *Xoconostle*, cuya importancia radica en que se adapta mejor a las condiciones del clima seco, es más tolerante a plagas, puede permanecer en buen estado durante varios meses, su fruto contiene más pulpa, vitamina C y pectinas que otras especies de nopal, no se está aprovechando adecuadamente.

El uso de este fruto se ha venido perdiendo, posiblemente porque es difícil encontrarlo en el mercado, ya que casi no se cultiva comercialmente. La explotación del *Xoconostle* básicamente mediante la recolección en el campo o huertos familiares, dando le usos tales como verdura, condimento, elaboración de dulces y postres preparados; también se usa como medicina como un remedio para diabetes, presión arterial, obesidad, colesterol y enfermedades respiratorias y en ocasiones se utiliza como forraje.

En la actualidad hay algunas agroindustrias que están procesando en pequeña escala este tipo de fruto; sin embargo, hay pocas variedades de producto y el valor agregado es muy bajo.

Por otro lado es importante investigar su potencial nutrimental de estas especies que se conoce muy poco y promover su cultivo y su aprovechamiento como una opción más para el área de la agroindustria.

## **Objetivos**

- **Objetivo general**
- Comparar la calidad nutrimental entre las dos especies de *Xoconostles* (*Opuntia joconostle* y *Opuntia oligacantha*).
- **Objetivos específicos**
- Realizar el análisis físico – químico de las dos especies de *Xoconostles*
- Comparar los minerales presentes en las dos especies de *Xoconostles*

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

El fruto de *Opuntia joconostle* y *Opuntia oligacantha*, son frutos ácidos que proviene de la especie *Xoconostle* que se encuentra en las zonas áridas y semiáridas de México que están distribuidas en el estado de Hidalgo, principalmente en el Valle del Mezquital.

El fruto de esta planta no ha sido explotado en su totalidad para el consumo humano porque existe poca información sobre su composición nutrimental y los beneficios que aporta, por tal motivo el presente trabajo está en caminado hacia dar a conocer sobre el contenido nutrimental que hay en las dos especies de *Xoconostle* y que será de gran importancia para las personas que están industrializando esta fruta ya que no tienen información acerca del contenido nutrimental de estas dos especies. Asimismo son especies que se ha estudiado muy poco principalmente *Opuntia oligacantha* que se conoce muy poco de esta fruta. Además, promover el cultivo de estas especies que resulta de gran interés desde el punto de vista económico, para que las personas que cuenten con estas especies de *Xoconostle* lo aprovechen ya que daría un ingreso extra para sus familias.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Origen y distribución geográfica de la *Opuntia*

El nopal (*Opuntia spp*) es originario de América, encontrándose tanto en el norte como en el sur del continente. Algunas especies llevadas a Europa, África y Australia.

El género opuntia es una de las más diversificadas y abundantes en la república mexicana; se representan prácticamente en todos los tipos de vegetación de las zonas áridas y semiáridas de México ocupan casi 60% del área total del país (unos 1, 450,000 km<sup>2</sup>); de las cuales unos 300,000 km<sup>2</sup> son ocupados por los nopales, candelilla, lechuguilla, palma china, guayule, sotol, maguey; la mayor riqueza se ubica al sur del País.

El nopal *Opuntia spp* representa una planta de mucha importancia para los habitantes ya que dentro de él se encuentra las especies de mayor valor económico de este país, pues es susceptible de aprovecharse, además del consumo en fresco, de nopalitos y forraje, como alimentos preparados y derivados industrialmente, fuentes más ricas de alimentación, energéticamente hablando.

Este género se encuentra ampliamente distribuido en México, desde el nivel del mar hasta las partes altas de la sierra madre oriental y la sierra madre occidental, además de las altiplanicies del centro y norte del país, donde se localizan las nopaleras mas a abundantes tanto por su diversidad, densidad y por su tamaño (Marroquín *et al.*, 1977).

Bravo (1978) señala que en México los nopales están representados por aproximadamente 74 especies y 14 subespecies para el género *Opuntia*, 38 especies con 23 subespecies para el subgénero *Cylindropuntia* y 10 especies para el subgénero *Nopalea*, con un total de 122 especies y 37 subespecies.

Scheinvar (1974; 1982; 1999) ha escrito algunas especies de *Xoconostle* y ha redescubierto dos especies descritas en siglo XIX (Scheinvar, 1976; 1987).

### **2.1.1 Descripción de los componentes del nopal y su función**

A continuación se mencionan los principales componentes del nopal, así como la función de cada uno de sus órganos.

**Raíz:** Es el órgano por el cual la planta absorbe el agua, las raíces del nopal poseen ciertas características que son muy largas, por lo general son fibrosas y ramificadas que forman una verdadera red en el terreno. Al iniciarse las lluvias desarrollan rápidamente raíces secundarias y pelos absorben el agua con rapidez y cuando escasea la humedad, las raíces secundarias se marchitan para volver a brotar al año siguiente. Así que la absorción de la planta es poco tiempo, pero su estructura y funcionamiento le permite conservar el agua por todo el año y aun periodos muy amplios (Instituto de Investigación de zonas desérticas, 1971).

**Tallo:** Al desarrollar el tallo del embrión, se forman las primeras pencas que crecen hasta alcanzar el tamaño de una raqueta pequeña. Sobre los bordes de esta penca nacen unos o varios renuevos que crecerán hasta adquirir la forma y el tamaño de la penca madre y se forma entre ambas una articulación o coyuntura. Es el lugar donde se realiza la fotosíntesis y en donde se encuentra el tejido parenquimatoso que almacena el agua (por lo que se denomina plantas crasiculaes o de tallo grueso), además el tallo de los nopales son excelentes para disminuir la pérdida de agua, algunas de sus adaptaciones son las siguientes: presentan una cutícula gruesa, en ocasiones cubierta de cera o de pelos y presenta un número menor de estomas (órgano por donde absorbe bióxido de carbono y expulsa oxígeno y se pierde la humedad).

**Flor:** las yemas florales nacen en las areolas del borde superior de las pencas, aunque a veces también brotan en las areolas del limbo, hacia el extremo apical. Comienza ser unas carnosidades rudimentarias, con ahuates y espinillas

en sus propias areolas. Cada aréola de la penca produce solamente una yema floral por lo que las flores resultan ser solitarias.

Además es el órgano por el cual se puede perder agua de manera importante en los nopales estas abren solo un día y en seguida los pétalos se deshidratan y se caen, debido a esto, los nopales no requieren de la participación de insectos o pájaros para fecundarse y en la mayoría de los casos, cuando la flor, la tuna ya esta autofecundada.

Fruto: Es una baya carnosa, ovoide o esférica, cilíndrica; sus dimensiones y coloraciones pueden variar según la especie; se encuentra frutos de 4 a 12 cm o mas de longitud (CODAGEM, 1979), umbilicada en el extremo superior (cicatriz floral), presenta ahuates (forman la distribución de las espinas en las areolas) y conserva la humedad, siendo un fruto succulento.

Semillas: Bravo, citada por Moreno, (1962) manifiesta que es pequeña, pues su longitud varía entre medios milímetros y medio centímetro; es ovoide, arriñonada; la envoltura exterior es amarillenta, café o negra, casi siempre muy dura esto también depende de la especie, brillante y el embrión ocupa casi la totalidad del grano, es plano y encorvado.



### 2.1.2 Aspectos generales del nopal

Los suelos en zonas áridas se caracterizan por su poca capacidad de retención de agua, poco material orgánico y deficiencia de nutrientes (Rodríguez, 1976).

El nopal, así como los *Xoconostles* requieren de mejores suelos para su desarrollo que son: arenosos, calcáreos, poco profundos y pedregosos y de preferencia con un pH alcalino. Alguno de los factores que influyen en la adaptación del nopal:

Altura:

Rojas (1961) y Narro (1970) menciona que el nopal se cultiva en una altura óptima de entre 800 y 2500 mts., sobre el nivel del mar, pero se les encuentra en lugares más altos o más bajos que los anteriores.

Latitud:

La zona cactológica de nuestro país está ubicada entre los paralelos 22° de latitud Norte y los meridianos 100° y 102° 30' de Longitud Oeste, su rango de Altitudinal varía entre 2000 y 2300 msnm. (Marroquín *et al.*, 1964, Borja 1963 y Piña, 1970).

Lozano, (1958) afirma para los nopales tunero no debe pasar la latitud de 40°.

Precipitación:

Las poblaciones silvestres de nopal se distribuyen principalmente en las zonas con precipitaciones media anual de 150-400 mm, en climas semiáridos con escasas lluvias en todas las estaciones del año (CODAGEM, 1979).

### Temperatura:

La temperatura media optima para el cultivo del nopal, oscila entre 18 y 26 °C y las temperaturas muy bajas, (-10 °C) lo afectan, sobre todo si el plantío es joven (Rojas, 1961).

### Humedad:

Blanco, (1957) especifica que el nopal crece en mayor parte de los terrenos, con tal que tenga alguna humedad aunque sea profunda.

La abundancia de humedad modera puede desarrollar un mayor desarrollo vegetativo y por consiguiente que las plantas produzcan mayor cantidad de pencas, pero disminuye las cosechas de frutos en forma considerable.

La humedad relativa es un factor importante que afecta al nopal; a medida que aumenta el terreno se afloja mucho y esto provoca que las raíces no puedan sostener a la planta y esta se cae, además de que esta más propensa para el ataque de plagas y enfermedades. Cuando tiene poca humedad hay una deshidratación en los tejidos del nopal.

### Vientos:

Viento es un factor muy importante ya puede debilitar del sistema radicular de la planta, le afecta mucho los vientos intensos y fuertes, que pueden llegar a tirarla, porque la estructura, disposición y rigidez de las pencas la obligan a recibir directamente la fuerza del viento.

Las corrientes de vientos cálidos, afectan al nopal deshidratándolo, porque también roban humedad al suelo en que vive la planta.

### 2.1.3 Clasificación taxonómica del nopal

En la clasificación taxonómica de esta familia es conveniente incluir la de varios autores ya que abundan y difieren y ayudan enriquecer dicha clasificación se cita los siguientes:

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del nopal

Reino	Vegetal
Sub-reino	Embryophyta
División	Angiosperma
Clase	Dycotiledonea
Subclase	Dialipétalas
Orden	Opuntiales
Familia	Cactáceas
Subfamilia	Opuntioideae
Tribu	Opuntias
Genero	<i>Opuntia</i>
Subgénero	<i>Platyopuntia</i>
Especies	<i>Opuntia spp</i>

Fuente: Britton y Rose, 1963, en Bravo-Hollis, 1978.

El subgénero *Platyopuntia* pertenece los verdaderos nopales cuyo fruto se conocen como “tunas” cuando tiene sabor dulce, y “*Xoconostle*” cuando tiene sabor ácido (Bravo, 1937).

#### **2.1.4 Aprovechamiento y utilización del nopal**

Desde tiempos precolombino el nopal fue considerado por su abundante fructificación como recurso alimenticio de primer orden; representa un orden muy importante en el desarrollo de la civilización debido a los recursos económico que se suministraba y a la facilidad con que se propagan (Bravo, 1937). El uso de este recurso se registra en las regiones áridas y semiáridas, el nopal es utilizado en diferentes aplicaciones:

##### **Forraje:**

Se utiliza la penca (cladodio o artículo) que si bien no es un alimento completo para el ganado si constituye un auxiliar valiosísimo en la alimentación del mismo, principalmente en las épocas de sequia o en el invierno.

El uso de la penca del nopal es muy valioso especialmente las variedades sin espinas o las variedades silvestres, las cuales para utilizarse deben sufrir una previa quema o chamusque (Villarreal, 1958).

##### **Hortícola:**

El cladodio tierno cuyo sabor es agradable ligeramente ácido con un pH de 4.78 a 5.10 según las variedades y el grado de madurez, puede comerse crudo en forma de ensalada; encurtido o en salmuera, vinagre ó como verdura guisada, y se le conoce comúnmente como nopalito (Ramírez, 1978).

##### **Medicina:**

El uso del nopal como planta se remonta a las culturas prehispánicas. Una práctica común que persiste hasta nuestros tiempos es el uso de los cladodios (hoja) calentando para reducir el ardor en los riñones y al orinar. Los jugos de los nopales se emplean también en casos de fiebre biliosa y ayuda a sanar úlceras (Bravo, 1978).

En México se han hecho varios estudios que han revelado el uso extensivo del nopal como tratamiento para el control de diabetes *mellitus*. La ingesta de nopalitas cocinados a las brasas antes de cada comida a individuos obesos y pacientes diabéticos, reducen los niveles de colesterol, triglicéridos y glucosa.

Frutícolas:

El fruto o tuna del nopal es deliciosa de sabor agradables según las variedades y se puede consumir en fresco o preparado, dicho uso será comentado en apartados posteriores.

## **2.2 Xoconostle**

Las especies de *Opuntia*, productores de *Xoconostles* (tuna ácida) son plantas que se encuentran distribuidas en diferentes condiciones ambientales del país, donde soportan desde escasa humedad hasta altas y bajas temperaturas. Desde el punto de vista económico, es de gran importancia en la gastronomía mexicana porque los *Xoconostles* tiene gran diversidad de usos, de este se aprovechan sus frutos, pencas y la planta completa. Del fruto se utiliza el pericarpio, entre sus principales usos está el consumo en fresco, como planta medicinal y como fruta o verdura cruda en ensaladas, mermeladas, dulces, cristalizado, jugos, refresco caseros, vino entre otros (Borrego Y Burgos, 1986, Filarto *et al.*, 2006).

En relación con los *Xoconostles* consideramos que hay diferentes especies silvestres y cultivadas, en las regiones de México, que se desarrollan en los estados del centro-norte del país, tanto en nopaleras silvestres como en huertos familiares o solares y en plantaciones comerciales. Al norte, principalmente *O. leucotricha* (nopal duraznillo) y *O. joconostle* (nopal *Xoconostle*), y al centro-sur *O. matudae* y *O. oligacantha*. Hay otras especies silvestres que no son cultivadas en huertos: *O. heliabravoana*, *O. spinulifera*, *O. zamudioi* y *O. imbricata*.

En los estados de Guanajuato, Hidalgo, México, San Luis Potosí y Zacatecas, los *Xoconostles* se recolectan en los agostaderos ejidales y/o se cosechan de plantas que crecen en solares, mientras que en el estado de México, además de aprovechamiento en solares, se cultivan en huertos comerciales (Bautista, 1982; Colunga, 1984; Hernández, 1990 y Sánchez y Figueroa, 1994).

En el estado de Hidalgo en los municipios de Pachuca, Zempoala y en el Valle del Mezquital y en la zona árida Querétaro- hidalguense (Scheinvar, 1988). En la región del Valle del Mezquital, estado de Hidalgo, *Opuntia joconostle cv Burro* es el *Xoconostle* más utilizado por los pobladores, mientras que *O. matudae cv Rosa* y *cv Blanco* son poco aprovechados, y no se comercializan (Mayorga *et al.*, 1988).

### **2.2.1 Características del *Xoconostle***

Los *Xoconostles* constituyen un recurso vegetal utilizado principalmente en zonas áridas y semiáridas de México que son poco estudiados por taxónomos y agrónomos. Las cactáceas productoras del *Xoconostles* (xoco= agria y nochtli= tunas), así como también, pueden ser arbustivas de 2 m a 5 m de alto.

Morfológicamente, el fruto del *Xoconostle* se caracterizan por tener una forma ovoide o esférica, además son frutos que poseen las paredes anchas, derivadas del pericarpelo de la flor, jugosas y acidas (la mayoría); las semillas se encuentran circunscritas al centro, con funículos secos; sus cladodios contienen gran cantidad de fibra y mucilago. Los *Xoconostles* maduros quedan adheridos a las pencas de un año para al otro, durante seis a ocho meses y como son producidos en México dos veces por año, pueden ser cosechados durante casi todo el año, inclusive en los meses en los que no hay tuna.



Figura 1. Planta de *Xoconostle*

En la figura 2, se presenta un corte longitudinal del *Xoconostle*, donde poseen en general la epidermis muy delgada (como la de una pera) a veces un poco más gruesa, pero no se puede desprender con la facilidad de la tuna. Podemos observar que el *Xoconostle* está constituido por epicarpio que es la cascara y los tejidos restantes; es el mesocarpio y el endocarpio que forman la pulpa, además de las semillas que se encuentran unidas y compactadas por un compuesto mucilaginoso.

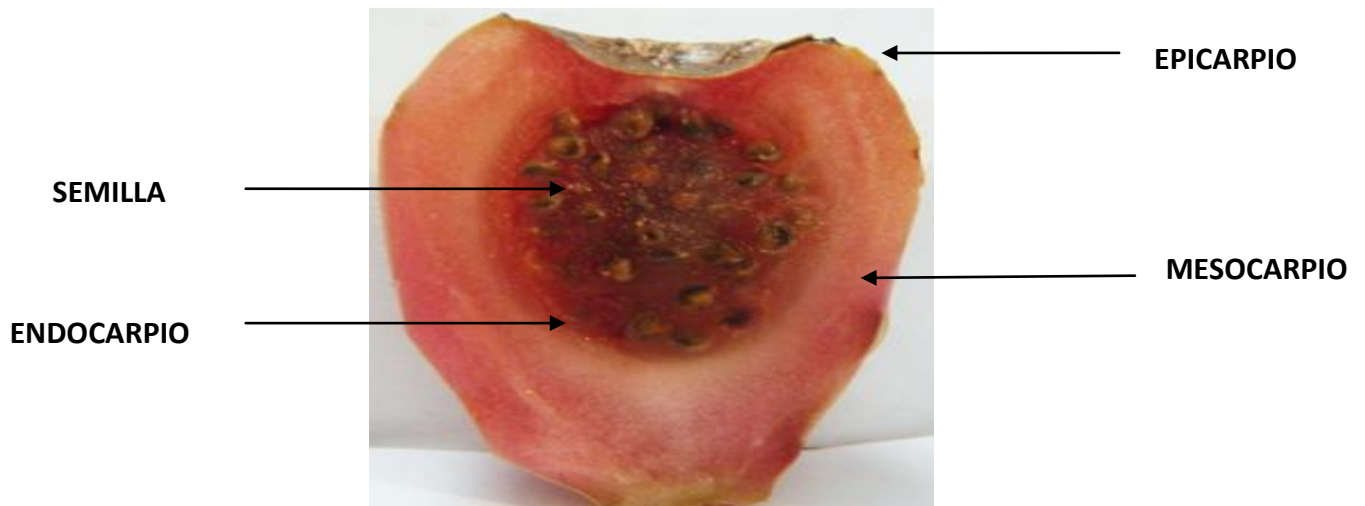


Figura 2. Corte longitudinal del *Xoconostle* (fuente propia).

A continuación en el cuadro 2 podemos observar las características distintivas entre tunas y xoconostle.

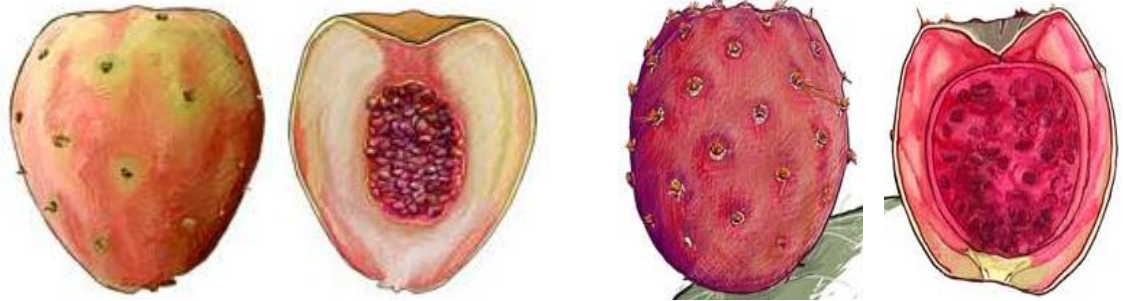
Cuadro 2. Características distintivas entre *Xoconostle* y tuna

	<i>Xoconostle</i>	Tuna
Paredes derivadas del Pericarpelo de la flor	Gruesa, ocupando hasta $\frac{3}{4}$ del fruto, ácido (la mayoría), comestibles	Delgadas, ocupan $\frac{3}{4}$ a $\frac{2}{4}$ del ancho total del fruto, insípidas, solo utilizadas como forraje.
Disposición de las semillas	En el centro del fruto	Prácticamente ocupa todo el fruto
Funículo	Seco	Llenos de azúcares, dulces
Número de floración/año	Florecen dos veces por año.	Florecen 1 vez por año
Duración de los frutos maduros	Persistente de 6 a 8 meses, hasta la floración siguiente.	1 a 2 meses y caen al madurar.

Fuente: Scheinvar, L. (1999).



En las siguientes imágenes se ilustran las características que son distintivas de *Xoconostle* y Tuna.



Cascara gruesa

Pulpa seca

Cascara delgada

Pulpa abundante

Figura 3: *Xoconostle*

Figura 4: Tuna

Esta planta está íntimamente ligada, desde épocas prehispánicas, habitan en lugares con clima árido y semiárido. Las tunas han sido y son parte de la dieta de los mexicanos habitantes de zonas áridas y semiáridas, mientras que los *Xoconostles* se consumían en menor escala; sin embargo en la actualidad su consumo y su precio por esta fruta ha incrementado considerablemente, es más elevado que el precio de la tuna dulce en el mercado.

### **2.2.2 Propiedades del fruto *Xoconostle***

Entre las características del *Xoconostle* están dentro de las frutas con mayor contenido de vitaminas c; sólidos solubles, presentan azúcares del 4.03 al 8% que se coloca en desventaja con la mayoría de los frutos; pectina que es bastante aceptable frente a otras frutas y por su bajo costo y alto rendimientos, podría ser buen producto para la extracción industrial de pectina, además que su fruto destaca por su acidez, el pH esta en los rangos de 3.7 al 4.5 a diferencia de la tuna dulce, que presenta valores entre 5.2 y 6.0, este valor tan bajo de pH, permite que el fruto de *Xoconostle* pueda almacenarse por periodos más largos sin presentarse descomposición, sin perder sus propiedades de sabor, color y humedad (Escamilla, 1977).

En la relación con las propiedades medicinales, los fruto de *xoconostle* son utilizados como remedios para la tos ( se elimina la epidermis, se hacen algunos cortes y se cuecen en agua o en las brazas; se consume tanto el agua como el fruto); para combatir la diabetes y la presión arterial (se debe un licuado de cáscara de *Xoconostle* con un nopalito de alguna otra especie o de la misma, como laxante (se elimina la epidermis y se come la cáscara); para mitigar la molestia de la gripe (se asa el fruto en las brazas; tibio, se abre en cuatro partes sin separar y el jugo se aplica en la planta de los pies, articulaciones de brazos y piernas, espaldas, pecho y garganta); y para reblandecer tumores y curar contusiones (Sánchez, 1982; Colunga, 1984; Hernández, 1990; Sánchez y Figueroa, 1994; Almanza, 1999; Scheinvar, 1999).

**Cuadro 3. Distribución por estados y tipos de nopaleras de algunas especies de *Xoconostle (opuntia spp.)* en México**

Especies	Tipos de Nopaleras		
	Silvestres	Solar	Plantación comercial
<i>O.duranguensis</i>	Aguascalientes, Durango, Jalisco, San Luis Potosí y Zacatecas.	Edo. De México.	-----
<i>O.heliabravoana</i>	Coahuila, Edo. México y Hidalgo	-----	-----
<i>O.imbricata</i>	Chihuahua, Coahuila, D.F., Durango, Edo. de México, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas	-----	-----
<i>O.joconostle</i>	Guanajuato, Jalisco, Querétaro, San Luis Potosí, valle de México y Zacatecas.	Guanajuato, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí, Valle de México y Zacatecas.	Edo. de México, Jalisco, Michoacán y Querétaro.
<i>O.lasiacantha</i>	D.F., Guanajuato, Jalisco, Puebla y San Luis Potosí.	-----	-----
<i>O.leucotricha</i>	Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas.	Coahuila, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas.	-----
<i>O.matudae</i>	Edo. de México, Hidalgo y Querétaro	Edo. de México, Hidalgo y Querétaro	Edo. de México
<i>O.oligacantha</i>	Edo. de México, Hidalgo y Querétaro	Edo. de México, Hidalgo y Querétaro	Edo. de México
<i>O.spinolifera</i>	Edo. de México, Hidalgo y Tlaxcala	-----	-----
<i>O.zanudioi</i>	Querétaro	-----	-----

Fuentes: Aguirre (1970), Bravo (1978), Marroquín (1981), Bautista (1982), Colunga (1984), Orea (1986), de la Cerda (1989), Mayorga *et al.* (1990), Puente (1992), Sánchez y Figueroa (1994), Scheinvar (1999) y Gonzáles *et al.* (2001).

### **2.3 Principales plagas y enfermedades que representa para los *Xoconostles* en México**

En todas a las áreas productoras del nopal pertenece al género *Opuntia* (*cactáceas*), que es dañado por muchas plagas, interfiriendo en la producción de la frutas; dentro de estos organismos, los insectos tienen un papel importante debido al número de especies involucradas y el daño puede causar.

En cualquier caso son pocas las especies del grupo que dañan seriamente a las plantas del género *Opuntia*, no requiriéndose de medidas de control químico específicas en los huertos. Esto es muy importante para obtener frutos con poco o nada de residuos tóxicos, los cuales son muy apreciados por el mercado y los consumidores.

En la siguiente se mencionara una breve información sobre las principales especies de plagas y enfermedades que afectan al género *Opuntia*.

Cuadro 4. Principales plagas del nopal (*Opuntia spp*)

Nombre común	Nombre científico
Picudo barrenador	Cactophagus spinolae Gyll
Picudo de las espinas	Cylindrocopturus birradiatus Champs
Gusano blanco del nopal	Lanífera ciclades Druce
Gusano cebra	Olycella nephelepsa Dyar
Chinche gris	Chelinidea tabulata Burm
Chinche roja	Hesperolabops gelastops Kirk
Mosca del nopal	Dasiops bennetti McAlpine
Trips del nopal	Sericotrips opuntiae Hood
Caracol	Hélix aspersa Muller
Barrenador del nopal	Moneilema spp
Nematodos	Heterodera cacti
Gusano de alambre	Melanotus spp
Gallina ciega	Phyllophaga spp
Escamas	

Fuente: Borrego E., F. y Burgos V., N. (1986).

En cuanto a la plaga que causa serios daños o de mayor peligro para el nopal; es el caso de la plaga más peligrosa del nopal, la polilla ficitida (*Cactoblastis cactorum* BERG.), una plaga del género *opuntia* originaria de Argentina.

El daño que provocan sobre las pencas de nopal del que se alimentan es enorme, una sola colonia derivada de una sola puesta, puede consumir de dos a cuatro pencas, principalmente a las tiernas por su succulencia;

Su amarillamiento, transparencia y la presencia de excremento por los diferentes orificios que se utilizaron las larvas para penetrar, estas son las señales de infestación. Soberon (2002) de entrada a México, una por la costa y otra más probable por el estado de Texas.

Hasta ahora son once especies susceptibles a esta plaga: *Opuntia ficus-indica*, *O. Strepthacantha*, *O.tomentosa*, *O. stricta*, *O. oligacantha*, *O. megacantha*, *O. spinulifera* entre otras. Y 19 especies más de las hayan sido causadas por esta palomilla.

### Enfermedades

La literatura disponible habla muy poco de los problemas fitosanitarios del nopal no es muy abundante y las referencias que se han encontrado son un tanto aisladas, esto se debe al poco apoyo que ha recibido el cultivo.

Cuadro 5. Principales enfermedades del nopal (*Opuntia spp*)

Nombre común	Nombre científico
Pudrición negra	Maerophomina spp
Gomosis	Dothiorella ribis
Mancha de oro	Alternaría sp, Ascochita sp
Pudrición de la epidermis	Xantomonas
Engrosamiento de cladodios	Por virus o micoplasmas
Pudrición suave	Erwinia caratovora, E. aroideae

Fuente: Borrego E., F. y Burgos V., N. (1986).

## 2.4 La tuna

Al hablar de las cactáceas se retrocede hacia épocas anteriores al descubrimiento de América, cuando el nopal era uno de los cultivos más apreciados por sus cualidades alimenticias, medicinales e industriales, ocupando un lugar preferente en la economía de las distintas tribus que habitaban en el antiguo Anáhuac, muy especialmente la de los Nahuas (Bravo, 1937), quienes lo denominaban “nochtli” ( de frutos blancos), “coznochtli” de frutos amarillos, “ *Xoconochtlí*” ( con frutos ácidos) y muchos otros que ha sido modificados ( Rojas, 1961; Barrientos, 1965).

La palabra “tuna” es de origen haitiano, introducido por los españoles durante su numerosos viajes en la época de conquistas y fue sufriendo modificaciones al introducirse a las regiones de Europa. Recibió el nombre de “chumbo” en España; “Figueur de barbarie” o “Raquette” en Francia, los Árabes las llamaban “Higos de los cristianos” popularizándose después como “Higo de las indias” de donde viene el nombre específico de esta planta (Rojas, 1961).

La tuna es un fruto de ciclo corto, su desarrollo toma aproximadamente 120 días después del amarre. Como un alimento se cultiva el nopal para verdura, con la que se comprende varios platillos, y nopal para tuna, la cual se consume como fruto, y del que se obtiene toda una gama de productos.

Otras especies de nopales que tiene explotación comercial por sus frutos y forraje: *Amyclaea*, *Streptacantha*, *Joconostle*, *Megacantha*, *Rastrera*, *Robusta* y como ornamento la variedad *Microdays*.

**2.5 Características principales del xoconostle *Opuntia joconostle* y *Opuntia oligacantha* especies que se encuentran en el estado de Hidalgo**

*Cuadro 6. Características de O. joconostle*

Nombre	Xoconostle
Comunes	Xoconostle Weber
Subgénero	Opuntia
Serie	Streptacanthae
Habito	Arbustiva, de 2.5 m de altura.
Tronco	Definido, 10 cm de diámetro, grisáceo-negruzco, escamoso.
Cladodios ó articulo	Obovados, de 18-30 cm de largo, 11.5-26 cm de ancho y 1.5-2.5 cm de espesor, color verde claro grisáceo.
Epidermis	Es glabra
Aréolas	De 7-12 series de espirales, circulares, de 2.5-3 mm de diámetro. Glóquidas amarillas, 2-3 mm de largo, en la parte central de la aréola.
Espinas	(0-)1(-2)(-3)(-4) en algunas aréolas, de 7-18 mm de largo blancas, ápices ambarino.
Flor	De 8 cm de largo y diámetro; estilo rosado con el ápice verde-rojizo, lóbulos del estigma 5, amarillo claro verdoso con estría mediana rosada.
Fruto	Subgloboso, de 5.5 cm de diámetro, cicatriz umbilical hundida, cascara rosada, aréolas circulares, 1-2 mm diám., sin espinas, con lana marrón, pulpa rosada, paredes de 1 cm de diám. Acidas.
Semilla	Discoides, anguladas, rosada, de 3.5 mm de diámetro y 3 mm de espesor, arilo lateral ancho.

Fuente: Scheinvar, L. (1999).



Cuadro 7 características de *O. oligacantha*

Nombre	Nopal del chivo
Comunes	Xoconostle dulce, semidulce y ácido.
Subgénero	Opuntia
Serie	Leucotrichae
Habito	Arbustiva, hasta 2.5 m de altura.
Tronco	Bien definido, marrón-grisáceo, corteza escamosa.
Cladodio ó articulo	Piriformes, el ápice redondeado o emarginado, de 20-30 cm de largo, 16-17 m de ancho y 1-2 cm de espesor, verde pálido, amarillento-grisáceo.
Epidermis	Pubescente
Aréolas	De 14-17 series de espirales de aréolas, circulares, inmersas, distantes 1 cm entre sí. Glóquidas amarillas, dispuestas en la parte mediana de areolas.
Espina	De 2-3 en todas las aréolas, setosas a aciculares, aplanadas en la base, casi blancas con el ápice amarillento, aplanadas en la base.
Flor	De 5 cm de largo y 3.5 cm de ancho en la antesis, amarillas pasando a color salmón al segundo día. Estilo rosa lóbulo del estigma 8, verde oscuro.
Fruto	Periforme a obovoide, de 4.5-8 cm de largo y 3.5-4 cm de ancho de color rosa-rojizo, con cicatriz umbilical poco profunda.
Semillas	Discoidales, 3 mm de diámetro, con arilo lateral angosto, castaño-amarillentas; testa con drusas.

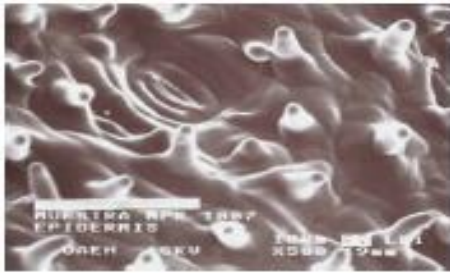
Fuente: Scheinvar, L. (1999).



A) Hábito



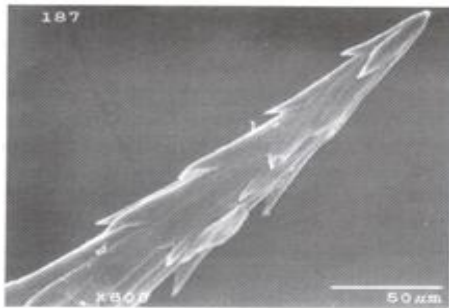
B) Cladodio o artículo



C) Epidermis



D) Aréola



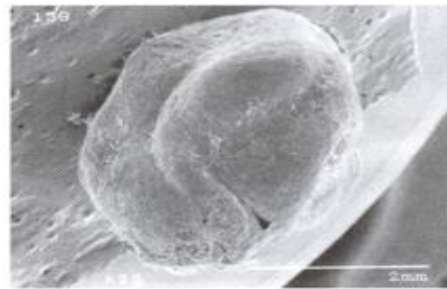
E) Espinas



F) Flor



H) Fruto



G) Semilla

Figura 5. Imagen de las características de la *Opuntia*.

## 2.6 Distribución geográfica

Figura 6 se observa el municipio de Santiago de Anaya, correspondiente a la zona semiárida del Valle del Mezquital en el Estado de Hidalgo.

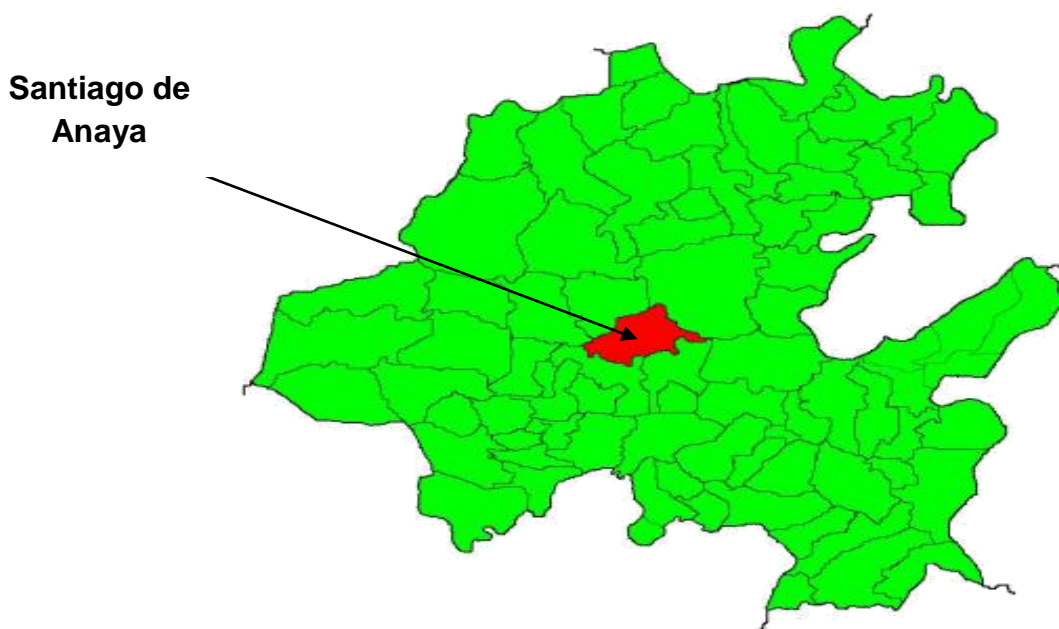


Figura 6. La localización geográfica de *Opuntia joconostle* y *Opuntia oligacantha* en el estado de Hidalgo.

## 2.7 Aprovechamiento de la tuna

El uso de esta fruta que sean considerados como un recurso alimentario valioso y sobre todo en épocas secas. Los frutos son aprovechados desde que alcanzan su talla definitiva y empiezan a madurar, hasta cuando han alcanzado su madurez plena. De los usos podemos mencionar los siguientes:

Fresco:

El consumo en fresco como fruta o verdura cruda en ensaladas, salsas, almíbar, cristalizado, se preparan como dulces cubiertos, mermeladas, condimentos (en fresco o en deshidratado), en caldos y guisados.

Este fruto en fresco se prefiere actualmente las especies de *Opuntia ficus-indica* y las especies de *Xoconostle*: *Opuntia joconostle weber*, *O. heliobrovoana Scheinvar*, *O. leucotricha*, *O. matudae Scheinvar*, *O. oligacantha*, *O. imbricata* y *O. duranguensis* entre otras. Apreciadas y conocidas en todo el país.

Forraje:

Los fruto como los cladodios de especies de *Xoconostle*, son utilizadas en este rubro y es de gran valor económico, especialmente para los campesinos dedicados a la ganadería ya que su frutos se aprovechan especialmente en la épocas de sequia como forraje.

Medicina:

Su uso del *Xoconostle* como planta medicinal se emplea como remedio para controlar diabetes, obesidad y enfermedades respiratorias entre otras.

## **2.8 Industrialización de la tuna y *Xoconostle***

La tuna conocida desde hace muchos siglos, tiene hoy en día la alternativa para procesarlo y aumentar su vida útil, además de proporcionar un valor agregado.

La tuna se industrializa y se consume a través de la separación del epicarpio que es la cascara y el mesocarpio y endocarpio que forman la pulpa que es la que se utiliza para preparar los siguientes productos:

- a) Colonche: productos obtenidos de la fermentación del jugo exprimido de la tuna con bajo contenido alcohólico, se prepara solo en escala domestica y debe consumirse fresco pues sufre una rápida acidificación y diurético (Rzedowski, 1964).
- b) Mucilago: Los mucilagos son complejos polisacáridos, capaces de inhibir grandes cantidades de agua, disolviéndose y dispersándose en ellas para formar coloides viscosos y gelatinosos.

- c) Aceite comestible: se puede obtener aceite comestible de buena calidad a partir de la semilla. Dicho aceite es de buena calidad y comestible.
- d) Aguardiente: en algunas variedades se ha realizado pruebas y se obtuvo un aguardiente fino, con carácter delicado aceptable para consumo interno y para exportación (González, 1974).
- e) Vino de tuna: de la fermentación del jugo y la producción de vino de mesa, después de destilarlo se obtiene un licor más concentrado.
- f) Obtención de colorantes: a partir de la pulpa de la tuna roja como la tuna tapona *O. robusta*, pero principalmente la Cardona *O. streptacantha*, de las cuales se ha extraído en forma experimental, un colorante del tipo de las batacianinas, el cual puede ser usado en alimentos y cosméticos.
- g) Queso de tuna: es un producto de los más comúnmente en la industrialización de la tuna (Lozano, 1958). La desventaja es que existe un bajo control de calidad, por lo tanto genera pérdida en ventas (Piña, 1970).
- h) Obtención de azúcares: como fructosa y otros azúcares como la glucosa, al igual que la extracción de ácido ascórbico y pectina.
- i) Entre otros productos: Harina de tuna, así como néctar, fruto en almíbar y tunas cristalizadas.
- j) El *Xoconostle* "*Opuntia joconostle* Weber, *Opuntia oligacantha*, *Opuntia matudae*, *Opuntia leucotricha*" son las más utilizadas, por sus frutos ácidos (Sheinvar, 1982) y son ideales para su industrialización, a partir de la pulpa para la elaboración de productos farmacéuticos, químicos y alimenticios entre los cuales se encuentran: En curtidos de *Xoconostle*, mermelada, cristalizado, almíbar, salsas, orejones de *Xoconostle*, tiras deshidratadas tipo chamoy, jalea, licor, galletas y se emplean como edulcorantes y de las semillas se obtiene aceite.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

Los análisis se efectuaron en el laboratorio de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), En Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

#### **3.1 Materia prima**

Como materia prima en esta investigación, se utilizó el fruto del nopal *Xoconostle Opuntia joconostle Weber y Opuntia oligacantha* se obtuvieron en el municipio de Santiago de Anaya en el Estado de Hidalgo, Con la señora Porfiria Moreno Hernández que ha logrado aprovechar todo sobre el *Xoconostle*, que ofrece todo el entorno del Valle del Mezquital; cuyas coordenadas geográficas son 20° 23' 04" latitud norte y 98° 57' 53" longitud oeste del meridiano de Greenwich, con una altura de 2040 metros sobre el nivel del mar (msnm) se encuentra ubicado a 56 km. de distancia de la capital del estado.

#### **3.2 Equipo y materiales**

Aparato de Reflujo marca Labconco

Aparato de Soxleth

Aparato Kjeldhal

Balanza analítica AND HR-200. SERIE: 1231097.

Aparato de absorción atómica VARIAN AA 1275

Desecador

Espectrofotómetro marca Helio.

Estufa de secado Marca Robert Eshaw.

Estufa de secado Thelco Modelo 27.

Mufla marca Thermolyne modelo 1500

Potenciómetro digital Corning pHmeter modelo 3D

Parrilla de calentamiento THERMOLYNE

Refractómetro modelo ATAGO N-1E

Refrigerador

Alambre de Níquel Parr

Bureta

Charola de aluminio

Cartucho de celulosa

Bomba calorimétrica Parr

Crisoles

Cuchillos

Espátula de acero inoxidable

Embudo de vidrio

Matras Erlenmeyer de 500 ml

Matraz Kjeldhal

Matraz redondo

Matraz bola fondo plano

Perlas de vidrio

Pinzas para crisoles

Pape tornasol

Piseta

Probeta de 100 ml

Servilleta higiénica

Sifón Soxhlet

Tabla para cortar

Tela de lino

Tubo de ensayo

Vaso de Berzelius

Vasos de precipitado de 100 ml

### **3.3 Reactivos**

Ácido sulfúrico  $\text{H}_2\text{SO}_4$

Ácido Bórico al 4%

Ácido benzoico

Ácido perclórico

Ácido nítrico

Agua destilada

Agua desionizada

Carbonato de sodio 0.0725 N

Granallas de zinc

Hidróxido de sodio

Hexano

Indicador rojo de metilo y verde de bromocresol



### **3.4 Metodología**

Para realizar el presente trabajo experimental se seleccionaron los frutos sanos cada uno de las especies de *Xoconostle* y posteriormente se desarrollaron técnicas, así como métodos reportados en la literatura, como se muestra a continuación:

### **3.5 Análisis físico-químico de la materia prima**

El análisis bromatológico se determinó de acuerdo a las normas oficiales descrito por la A.O.A.C. (1990). Como se describen a continuación:

#### **3.5.1 Materia seca total o sólidos totales**

La materia seca total se obtuvo mediante la evaporación total de la humedad a una temperatura arriba de 100 °C.

#### **3.5.2 Determinación de humedad**

Después de la determinación de la materia seca total se realiza una operación en el resultado obtenido.

$$\%H= 100-MST.$$

#### **3.5.3 Cenizas totales (minerales)**

Se coloca la muestra en crisoles de porcelana para realizar un pre-incineración de la muestra en el mechero o parrilla, se checa hasta que la muestra deje de humear para posteriormente introducir a la mufla a una temperatura de 600 °C por 2-3 hrs. Pasar los crisoles de la mufla al desecador y dejar enfriar por 30 min. Pesar el crisol (AOAC, 1990).

#### **3.5.4 Minerales**

##### **3.5.4.1 Método de absorción atómica**

Pasar un gramo de muestra seca y molida y llevarla a cenizas después de haber hecho lo anterior adicionar 20 ml de mezcla (ácido perclórico, ácido nítrico 1:3) 25 ml de perclórico y 75 ml nítrico y cubrirla con

un vidrio de reloj digerir hasta que quede claro trascurrido el tiempo aforar a 100 ml para leer en el equipo de absorción atómica modelo Varían AA1275.

#### **3.5.4.2 Método de fósforo por colorimetría**

Medir un mililitro de muestra y pasarlos a tubos de ensaye después agregar 5 ml de molibdato de amonio y 2ml de reactivo ANSA agitar y dejar a reposar por minutos después de transcurrido el tiempo leer a 640 nanómetros en el espectrofotómetro.

#### **3.5.5. Proteína (método Kjeldhal)**

Colocar en un matraz Kjeldhal y añadir una cucharada de mezcla catalizador, mezcla reactiva de selenio. Se agrega 30 ml de ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ), por las paredes del matraz, se introduce 4 perlas de vidrio y se conecta en el aparato digestor a ebullición; la temperatura no puede ser mayor a 300 °C ya que puede ver perdidas de nitrógeno.

La digestión se finaliza cuando el líquido está claro, apagar la parrilla, dejar enfriar se adiciona 300 ml de agua destilada para continuar la destilación.

Para realizar la destilación se prepara matraces Erlenmeyer de 500 ml y se agrega 50 ml de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ), al 4% y se agrega de 3-5 gotas de indicador mixto. Se coloca los matraces bajo el condensador, introduciendo los tubos dentro de los matraces para recibir el destilado y colectar 250 ml del destilado.

Al contenido en el matraz Kjeldhal disuelto en agua, se le añade 110 ml de hidróxido de sodio (NaOH), al 45%, y uno granallas de zinc (catalizador), para que se concentre el destilado rápidamente. Se ajusta el tapón del condensador, para mezcla por medio de rotaciones suaves, se colocan en la parrilla y se destila el volumen de 250 ml.

Posteriormente se titula con ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) estandarizado al 0.1 N hasta que desaparezca el color verde y cambiar a color rojo (AOAC, 1990).

### **3.5.6. Lípidos**

Para la determinación de lípidos es necesario utilizar matraces de extracción que contenga perlas de vidrio, después se introduce en la estufa hasta obtener peso constante a una temperatura de 105 °C. Se pesan 5 gramos de la muestra en papel filtro, para colocarlo en un cartucho de celulosa que se tapa con algodón.

Se coloca el dedal con la muestra dentro del sifón, fijándolo bajo el refrigerante y el matraz bola que esta a peso constante. Al matraz de extracción se agregan 200 ml de hexano, se coloca bajo el sifón y sobre la manta de calentamiento, se toma el tiempo de extracción, a partir del hervor por 6 hrs.

Al termino de la extracción, se evapora el solvente y se pone a peso constante (introducir a la estufa 105 °C), durante 12 hrs; se saca el matraz bola, se deja enfriar y para posteriormente pesarse (AOAC, 1990).

### **3.5.7. Determinación de fibra cruda**

Para la determinación de fibra cruda se toma 2 g de muestra desengrasada, se coloca en un vaso de Berzelius y se adicionan 100 ml de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) al 0.225 N.

Posteriormente se coloca el vaso en el aparato de reflujo y a partir de que empiece a hervir se cuenta 30 min.

Se filtra y se realizan lavado con agua destilada caliente hasta quitar la reacción ácida. Se coloca nuevamente el vaso Berzelius en el aparato de reflujo con 100 ml de hidróxido de sodio (NaOH) al 0.313 N. por 30 min., filtrar nuevamente y se adiciona agua destilada caliente hasta quitar la reacción básica.

Después la fibra que quedo en el filtro es colocado en un crisol de porcelana, para ponerlo en la estufa a 105 °C por 12 hrs.

Transcurrido el tiempo, sacar de la estufa, enfriar y pesar y posteriormente se preincinera la muestra para pasarla a la mufla por 2 hrs.

A 550 °C. Se saca de la mufla y se deja enfriar para registrar el peso final y los cálculos necesarios (AOAC, 1990).

### **3.5.8. Determinación de carbohidratos totales**

Se determina a través de una diferencia, esta es la que existe entre el peso original de la muestra y suma de peso del ceniza, lípidos, proteína y fibra cruda (AOAC, 1990).

### **3.5.9. Determinación de contenido calórico**

Pesar 1 g de muestra sólida, ponerla en una cápsula, la cual se pasa a un soporte, se cortan 10 cm de alambre de fusión de níquel-cromo y se colocan en posición correcta en el soporte de la tapa de la cámara de oxígeno poniéndolo en forma columpio, teniendo cuidado de quede en contacto con la muestra.

Cerrar bomba y la válvula de presión, hace la conexión para pasar de 25 a 30 atmósferas de presión de oxígeno, agregarlo lentamente.

Poner la bomba dentro de la cubeta que tiene exacta mente 2 kg de agua destilada; con la pinzas coloque la cubeta en el baño de agua.

Coloque los electrodos y cerrar el calorímetro. Encender el aparato para que trabaje los agitadores; tomar la temperatura inicial (T<sub>1</sub>) después de 5 min accionar el mecanismo de iniciación, lo cual era que la temperatura se eleve por la combustión realizada dentro de la cámara después de 5 min registra la temperatura final (T<sub>f</sub>) sacar de la cubeta de agua la cámara de oxígeno purgar el aire abriendo la válvula de presión abrir la tapa de oxígeno lavando con agua destilada la tapa de la capsula y la cámara, recoger el agua de lo lavado en un matraz Erlenmeyer y agregar 2 gotas de indicador anaranjado de metilo, titulando con carbono de sodio al 0.0725 N.

Vira de naranja-amarillo anotar los miligramo gastados

Medir el alambre que no se fundió, registra los cm del alambre y calcular.

### **3.6 Determinación de pH**

Se utiliza el potenciómetro digital Corning pHmeter modelo 3D; el método consiste en homogenizar la muestra con agua destilada, al homogenizar se le introduce el electrodo y se registra la lectura.

### **3.7 Determinación de grados Brix (Sólidos solubles de sacarosa)**

Se utiliza el refractómetro modelo ATAGO N-1E, al cual se le agrega una gota de muestra a evaluar y se leyó en la escala de ° Brix 0-32 % a contra luz.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a la metodología antes mencionada y con los datos obtenidos, así como un análisis de varianza, se efectuó una comparación de prueba de t no apareada, para establecer las diferencias entre las características evaluadas, utilizando el paquete Analyse it for Microsoft Excel versión 2.21. Para determinar si se presentaron diferencias significativas entre las dos especies de *Xoconostles*.

Los resultados del análisis físico-químico de la materia prima se muestran a continuación.

**Tabla 1. Cenizas (minerales) de las dos especies de *Xoconostles***

Cenizas %	
Muestras	Media
<i>O. oligacantha</i>	14.91 ± 0.5536 a <sup>¥</sup>
<i>O. joconostle</i>	13.35 ± 0.4867 b

¥ Los valores seguidos de la misma literal son diferentes entre sí, según una prueba de t no apareada.

En la Tabla 1. Para la variable de cenizas y de acuerdo con la comparación de medias, existen diferencias estadísticamente entre *O. oligacantha*, el cual presenta 14.91 %, y *O. joconostle*, el cual presenta 13.35 %, dichos valores concuerdan con el trabajo de García- Pedraza *et al.*, (2004), que publico sobre la cáscara pulverizada de *Xoconostles* que tienen un contenido de cenizas de 13.48 %.

**Tabla 2. Proteína de las dos especies de *Xoconostles***

Proteína %	
Muestra	Media
<i>O. oligacantha</i>	2.84 ± 0.0190 a <sup>¥</sup>
<i>O. joconostle</i>	1.25 ± 0.0029 b

¥ Los valores seguidos de la misma literal son diferentes entre sí, según una prueba de t no apareada.

Los resultados de la comparación de medias, para la variable de proteínas se puede observar que el porcentaje de proteína, es más alto en *O. oligacantha* con 2.84 %, siendo significativa contra *O. joconostle*, el cual presenta 1.25 %, estos valores de proteína tienen una similitud con el trabajo publicado por García – Pedraza *et al.*, (2004) sobre la cáscara pulverizada de *Xoconostles* y que es la de mayor calidad nutrimental seguido en importancia por *O. oligacantha* y el *Xoconostle* con menor calidad es *O. joconostle*.

**Tabla 3. Lípidos de las dos especies de *Xoconostles***

Lípidos %	
Muestra	Media
<i>O. oligacantha</i>	1.31 ± 0.1525 a <sup>¥</sup>
<i>O. joconostle</i>	0.56 ± 0.0640 b

¥ Los valores seguidos de la misma literatura no son diferentes entre sí, según una prueba de t no apareada.

En cuanto a los resultados de lípidos se puede observar (Tabla 3), que existe una gran diferencia entre ambas especies, presentando el *O. oligacantha* un porcentaje de 1.31 %, siendo significativa con *O. joconostle*, el cual presenta 0.56 %. Esta diferencia pudiera deberse al contenido de semillas que presentan; estos valores son similares entre las especies de *Xoconostles* que fueron analizadas por García - Pedraza *et al.*, (2004). Las cuales presentan un porcentaje de 0.9 % de lípidos.

**Tabla 4. Fibra cruda de las dos especies de *Xoconostles***

Fibra cruda %	
Muestra	Media
<i>O. joconostle</i>	8.99 ± 0.2057 a <sup>‡</sup>
<i>O. oligacantha</i>	7.52 ± 0.3677 b

‡ Los valores seguidos de la misma literal son diferentes entre sí, según una prueba de t no apareada.

Los resultados obtenidos del contenido de fibra cruda (tabla 4) muestran que las dos especies de *Xoconostles* son diferentes, considerando la media de *O. joconostle* con un porcentaje de 8.99 %, siendo significativo con *O. oligacantha* el cual presenta un 7.52 %, este porcentaje de fibra cruda es cercano a la media del trabajo hecho por Scheinvar *et al.* (2003), en donde se analizaron diez especies de *Opuntias*.

**Tabla 5. Carbohidratos de las dos especies de *Xoconostles***

Carbohidratos %	
Muestra	Media
<i>O. joconostle</i>	75.86 ± 0.3474 a <sup>‡</sup>
<i>O. oligacantha</i>	73.43 ± 0.2469 b

‡ Los valores seguidos de la misma literal son diferentes entre sí, según una prueba de t no apareada.

De acuerdo a los siguientes datos, se muestran en la tabla 5, las diferencias en la concentración de carbohidratos entre *O. joconostle* que presentó 75.86 % siendo significativo, por otra parte *O. oligacantha* presenta un valor de 73.43 %, estos valores tienen similitud con los valores, en el trabajo que realizó Scheinvar *et al.*, (2003) con diez especies de *Opuntia*.



**Tabla 6. Cantidad de Zn presente en las dos especies de *Xoconostles***

<b>Zn mg/ kg<sup>-1</sup></b>	
<b>Muestra</b>	<b>Media</b>
<b><i>O. joconostle</i></b>	84.17 ± 5.3190 a <sup>¥</sup>
<b><i>O. oligacantha</i></b>	23.67 ± 3.5765 b

¥ Los valores seguidos de la misma literal son diferentes entre sí, según una prueba de t no apareada.

En cuanto a los resultados obtenidos para la concentración de Zinc, indica que hay una gran diferencia considerando la media de *O. joconostle* con 84.17 mg/Kg<sup>-1</sup> siendo significativa de *O. oligacantha* con 23.67 mg/Kg<sup>-1</sup>, se observa que *O. joconostle* se presentan concentraciones altas de Zn, que no se encuentran en otras especies de *Opuntias*, como por ejemplo el nopal, el cual presenta una concentración de 45 a 60 mg/Kg<sup>-1</sup> en el trabajo realizado por Elizabeth Rosquero P., 2001.

**Tabla 7. Cantidad de Mn presente en las dos especies de *Xoconostles***

<b>Mn mg/kg<sup>-1</sup></b>	
<b>Muestra</b>	<b>Media</b>
<b><i>O. oligacantha</i></b>	71.50 ± 1.6202 a <sup>¥</sup>
<b><i>O. joconostle</i></b>	49.33 ± 1.6708 b

¥ Los valores seguidos de la misma literal son diferentes entre sí, según una prueba de t no apareada.

El contenido de manganeso muestra que las dos variedades de *Xoconostles*, presentan una gran diferencia, considerando la media de *O. oligacantha* con 71.50 mg/Kg<sup>-1</sup> son significativas de *O. joconostle* con 49.33 mg/Kg<sup>-1</sup>.

**Tabla 8. Porcentaje de Na presente en las dos especies de *Xoconostles***

Na mg/Kg <sup>-1</sup>	
Muestra	Media
<i>O. oligacantha</i>	0.18 ± 0.0464 a <sup>‡</sup>
<i>O. joconostle</i>	0.05 ± 0.0197 b

‡ Los valores seguidos de la misma literal son diferentes entre sí, según una prueba de t no apareada.

En el caso del sodio se observa en la tabla 8, que la concentración de este mineral en las dos variedades de *Xoconostles* son diferentes entre *O. oligacantha* con 0.18 % siendo significativa con 0.05 %, aunque estas diferencias son mínimas, como se puede ver, esto pudiera deberse a las condiciones del cultivo, en donde se localiza.

**Tabla 9. Porcentaje de Mg presente en las dos especies de *Xoconostles***

Mg %	
Muestra	Media
<i>O. oligacantha</i>	1.98 ± 0.0283 a <sup>‡</sup>
<i>O. joconostle</i>	0.97 ± 0.0195 b

‡ Los valores seguidos de la misma literal son diferentes entre sí, según una prueba de t no apareada.

Los porcentajes de magnesio se muestran en la tabla 9, se presenta una diferencia, considerando la media de *O. oligacantha* con un porcentaje de 1.98 %, siendo significativa de *O. joconostle* con 0.97 %, estas diferencias se pueden deber a las características propias de un suelo, ya que fue recolectada la *O. oligacantha*, como una especie silvestre y *O. joconostle* fue traída de una huerta. Gomide y Zometa (1978) mencionan que el Mg es un elemento más estático por lo tanto debería presentarse en mayor concentración en épocas de sequía, pero por las altas temperaturas que se presentan esta puede alterar la fisiología de la planta.

**Tabla 10. Porcentaje de K presente en las dos especies de *Xoconostles***

K %	
Muestra	Media
<i>O. oligacantha</i>	1.69 ± 0.2052 a <sup>‡</sup>
<i>O. joconostle</i>	1.09 ± 0.0779 b

‡ Los valores seguidos de la misma literal son diferentes entre sí, según una prueba de t no apareada.

En los porcentajes del potasio son bajos y muestran una mínima diferencia que existe considerando la media de *O. oligacantha* de 1.69 % siendo significativa de *O. joconostle* con 1,09 %, observamos que *O. oligacantha*, que contiene mayor cantidad de K que *O. joconostle* y esto se pudiera deber, a que hay un incremento de potasio en épocas de precipitación abundante. Citado por Gomide y Zometa (1978).

**Tabla 11. Porcentaje de Ca presente en las dos especies de *Xoconostles***

Ca %	
Muestra	Media
<i>O. oligacantha</i>	1.15 ± 0.1221 a <sup>‡</sup>
<i>O. joconostle</i>	0.87 ± 0.0579 b

‡ Los valores seguidos de la misma literal son diferentes entre sí, según una prueba de t no apareada.

En cuanto a los resultados de contenido de calcio (tabla 11), nos muestran una diferencia entre *O. oligacantha* con 1.15 % siendo significativa de *O. joconostle* con 0.87 %, estos porcentajes que existen entre las dos especies de *Xoconostles*, pueden deberse a las características propias de un suelo donde se colectaron los frutos, así como la temperatura, también es un factor muy importante y de igual manera cuando existe escasez de lluvia, ocasiona que el fruto no se pueda desarrollar bien y estos porcentajes se aproximan al trabajo realizado por Scheinvar *et al.*, 2003.

**Tabla 12. Porcentaje de P presente en las dos especies de *Xoconostles***

P %	
Muestra	Media
<i>O. oligacantha</i>	3.78 ± 0.2988 a <sup>‡</sup>
<i>O. joconostle</i>	0.97 ± 0.2057 b

‡ Los valores seguidos de la misma literal son diferentes entre sí, según una prueba de t no apareada.

La concentración de fósforo que se presenta en la tabla 12, existe claramente una gran diferencia entre las dos especies de *Xoconostles*, considerando la media de *O. oligacantha* con 3.78 % siendo significativa de *O. joconostle* con 0.97 %, este mineral presenta menor cantidad que *O. oligacantha*. Gomide y Zometa (1978), mencionan que conforme la planta va madurando disminuye el contenido de fósforo y Potasio, debido a la disminución en la absorción de minerales por parte de la planta, que puede verse afectada por las características del suelo como el pH, y el contenido de humedad.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos, se concluye:

- Se comparó la calidad nutrimental de las dos especies de *Xoconostles* *O. oligacantha* y *O. joconostle*; siendo la primera la que presenta las mejores características nutrimentales.
- Se realizaron los estudios físico-químicos, y se compararon las características de las dos especies de *Xoconostles*, obteniéndose para *O. oligacantha* mayor porcentaje de cenizas, proteína, lípidos; por el contrario *O. joconostle*, presentó mayor cantidad en fibra cruda y carbohidratos.
- Se compararon los minerales presentes entre las dos especies de *Xoconostles*, llegando a ser superior *O. oligacantha*; a excepción del Zn que tuvo una mayor concentración en *O. joconostle*.

## 6. LITERATURA CITADA

1. **Aguirre R., J. R.** 1970. Estudio sobre el cardeche (*Opuntia imbricata* (Haw) DC.) en la región ganadera del noroeste del estado de San Luis Potosí. Tesis Profesional. Departamento de Zootecnia, Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Méx. México. 62 p.
2. **Almanza R., A.** 1999. Cocina indígena y popular. Recetario guanajuatense del *Xoconostle*. Comisión Nacional para la Cultura y las Artes. México, D.F. México. 87 p.
3. **Bautista C., R.** 1982. Los agroecosistemas nopaleras del Valle de México. Tesis Profesional. Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, Méx. México. 92 p.
4. **Borrego E., F. y N. Burgos.** 1986. El Nopal. Ed. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México. 85-101 pp.
5. **Borja, J. A.** 1963. Bosques. Conferencia Latinoamericana para el estudio de las Zonas Áridas, México. Comité Mexicano de las Zonas Áridas. Pp.27-29.
6. **Blanco M., G.** 1957. El Nopal como Forraje para el Ganado de Zonas Áridas; Aprovechamiento de la Tuna. *El campo*. 23 (788) 34-54.
7. **Bravo H., H.** 1978. Las cactáceas de México. México. Inst. de Biol. Universidad Nacional Autónoma de México. 755 pp.
8. **Bravo H., H.** 1937. Reimpresión 1953 y 1978 Las cactáceas de México. México. Inst. de Biol. Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 5,12, 334.
9. **Barrientos P., F.** 1965 b. Mejoramiento de Diferentes Especies del Genero *Opuntia*. México. Memoria del Primer Congreso de Filogenética, Sociedad Mexicana de Filogenética, pp. 93-99.

10. **Britto, N. L. and Rose J. N.** 1963. The *cactaceae*, descriptions and illustrations of plants of the Cactus family. New York, USA. p 27.
11. **Cano C.; I. M.; Ocaña M., H. A.; Vázquez Z., O.; Olivares O., J.; Calderón A., R.; Payan C., F.; Scheinvar, L. y Chimal H., A.** Comercialización del fruto de *Xoconostle* en el valle de México. pp. 52 a 53.
12. **CODAGEM.** 1979. Cultivo, Explotación y Aprovechamiento del Nopal. Folleto Informativo No. 158.
13. **Colunga G., S. P.** 1984. Variación morfológica, manejo agrícola y domesticación de *Opuntia spp.* En el bajío guanajuatense. Tesis de maestría. Centro de Botánica, colegio de posgraduados. Chapingo, Méx. México. 2004 p.
14. **De la Cerda, L. M.** 1989. Cactáceas de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Aguascalientes, Ags. México. 98 p.
15. **Escamilla H.** 1977. Proyecto para la industrialización de la Tuna. Tesis profesional, Facultad de Ciencia Química U.N.A.M. México.
16. **Filardo, K. S., Peña, R. M., Scheinvar, L., Cruz M., B. R., Tapia A., J. T., y Estrada, Z.** 2006. Validación de una mermelada elaborada con *Xoconostle (Opuntia matudae sheinvar)*. Tecnología. Enero/ Febrero. 18-29.
17. **García P., I.** 2004. Fruto deshidratado y pulverizado de cuatro especies de *Xoconostle (O. Duranguesis, O. Joconostle, O. Leucotricha y O. Matudae)* como condimento y aperitivo. Tesis profesional. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. S. L. P.
18. **González D., A.; M. E. Riojas L. y H. J. Arreola N.** 2001. El género *Opuntia* en Jalisco. Guía de campo. Universidad de Guadalajara y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Diversidad. Guadalajara, Jal. México. 135 p.

19. **González G., M.** 1974. Perspectivas de la industrialización de la tuna. Ponencia en mesa redonda del I.M.C.E. Marzo 3 1974. Saltillo, Coah., México (Inédito).
20. **Gomide, J. A. y A. T. Zometa,** 1978. Composición mineral de los forrajes cultivados bajo condiciones tropicales. En simposio Latinoamericano sobre investigación en Nutrición Mineral de los rumiantes en pastoreo. (Ed. J. H. Conrad y L. R. Mc dowell). Universidad de Florida Gainesville, Florida. P 39.
21. **Hernández V., R. E.** 1990. Algunas *Opuntias* en los remedios medicinales de los pobladores de San Luis Potosí, México. En. J. J. López G. y M. J. Ayala O. (Eds.). Memoria de la 3ª reunión Nacional y 1ª Internacional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México. pp 355-358.
22. **Instituto de Investigación de Zonas Desérticas.** 1971. La Tuna y sus Productos Industriales en San Luis Potosí, Aguascalientes y Zacatecas. 80 pp.
23. **Lozano, G., M.** 1958. Contribución al Estudio e Industrialización del Nopal. Tesis: Ing. Agr. Esc. De Agric. Univ. De Coah., Saltillo, México.
24. **Mayorga V., M. C.; M. Urbiola L.; G. Suárez R; H. M. Escamilla S.** 1988 y 1990. Estudio agronómico de *Xoconostle (Opuntia spp)* en la zona semiárida del estado de Querétaro. En: J. J. López G. y M. J. Ayala O. (eds.). El nopal. Memoria de la 3ª Reunión Nacional y 1ª Internacional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México. pp 239-445
25. **Marroquín, J. S. et al** 1964. Estudio Ecológico y Dasonómico de la Zona Árida del Norte de México. México. INIF., Publ. Esp. 2166 pp.
26. **Marroquín, J. S.; L. Borja, G., R. Velásquez C., J. A. de la Cruz C.** 1981. Estudio ecológico dasonómico de la zona árida del norte de México. 2ª Ed. Instituto Nacional de Investigación Forestales. SARH. México. 166 p.



27. **Moreno G., J.** 1962. Datos sobre Nopales Tunero e Introducción al Estado de Nuevo León. Tesis: Ing. Agr. I.T.E.S.M. Monterrey, Nuevo León, México.
28. **Narro F., E.** 1970. Cultivo y Aprovechamiento del Nopal Not. Agric. Ejid. Peq. Prop. 4: 71-73.
29. **Olivares, O. J., Zavaleta, B.P., Montiel, S. D., Fierro, A. A., Rodríguez, N. S. y Terrón, S.R.** La inminencia de la plaga (*cactoblastis cactorum* BERG.) y el Peligro que Representa para los *Xoconostle* de México. 135 a 136 pp.
30. **Olivares, O.J., Fierro, A. A., Zavaleta, B. P. y Montiel, S. D.** Desarrollo del *Xoconostle* (*Opuntia Heliabravoana* Scheinvar) en la zona semiárida del Valle del Mezquital Hidalgo. En: G. Esperanza F.; M. A. Salas L.; J. Mena C.; R. D. Valdez Z. (Eds). Memoria del IX Congreso Nacional y VII Internacional Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad Autónoma Chapingo, Universidad Autónoma de Zacatecas e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Zacatecas, zac. México. pp. 199 a 201.
31. **Orea R, T. B.** 1986. Variación morfológica de *Opuntia spp.* En nopaleras silvestres del suroeste del desierto chihuahuense. Tesis profesional. Escuela de Agronomía, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P. México 90 p.
32. **Puente M., R.** 1992. El género *Opuntia* (*Cactaceae*) en el Valle de San Luis Potosí, S.L.P. Tesis profesional. Escuela de agronomía, universidad autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P. México. 145 p.
33. **Piña – Lujan - I.** 1970 a. Región Productora de Tuna en el Estado de Zacatecas. Cact. Succ. Méx. 15(3): 64-70.
34. **Ramírez W. M.** (1978). Cultivo, explotación y aprovechamiento del nopal. Ed. Tierra. Vol. 29 Núm. 1 y 5. p 132-134.

35. **Rodríguez, F., G. y S. A. Gavande.** 1976. Evaluación de Características Edáficas y Climáticas con Fines de Producción de Algunos Cultivos en Zonas Áridas, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Monografía Técnico-científica, vol. 2 No. 7 pp. 564-623 Saltillo, Coahuila, México.
36. **Rosquero P., E.** 2001. Determinación de Minerales en Nopal Forrajero *Opuntia spp.* Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México.
37. **Rojas M., P.** 1961. Aprovechemos las Zonas Áridas, cultivo del Nopal Tunero. El campo, xxx (878): 48-54.
38. **Rzedowski, J.** (1964). Vegetación de la zona árida de los estados de S.L.P. y Zacatecas. Revista Sociedad Mexicana de Historia Natural. P 17, 76-100.
39. **Sánchez M., H.** 1982. Algunos usos prehispánicos de las cactáceas entre los indígenas de México. dirección de Recursos Naturales, Secretaria de Desarrollo Agropecuario. Gobierno del Estado de México. Metepec, Méx. México. 48 p.
40. **Sánchez V., G. y B. Figueroa S.** 1994. Distribución y variación de *Opuntia joconostle* Weber en el estado de Zacatecas. Geografía Agrícola. 20: 69-70.
41. **Scheinvar, L.** 1974. *Opuntia heliabravoana*, una especies nueva de cetácea. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México 45 ser. bot. (1): 75-86.
42. **Scheinvar, L.** 1976. Redescubrimiento de *Opuntia spinulifera* Salm-Dyck. Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México 47-53, s. bot: 1-20.
43. **Scheinvar, L.** 1982. La familia *cactaceae* en el Valle de México. tesis doctoral. Facultad de Ciencias, Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 726 p.

44. **Scheinvar, L.** 1987. Redescubrimiento de *Opuntia oligacantha* Forster en el Valle de México y en la Altiplanicie Mexicana.
45. **Scheinvar, L.** 1988. Los nopales silvestres del estado de Querétaro en su tipo de vegetación. In: Memoria de la III Reunión nacional y I Internacional. El nopal. 10-14 de octubre. Saltillo, Coah. México. p. 39.
46. **Scheinvar, L.** 1999. Biosistemática de los *Xoconostles* mexicanos y su potencial económico en: J. R. Aguirre Rivera y J. R. Reyes A. (Eds). Memoria del VIII Congreso Nacional y VI Internacional sobre conocimiento y aprovechamiento del Nopal. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. San Luis Potosí, S.L.P. México. pp 255-274
47. **Scheinvar, L., Filardo, K. S., Segura, S., Olalde, P. G., Mendoza, B., Ramírez, P.A., Chimal, H. A. y Olivares, J.** 2003. Importancia de las Microestructuras y Estudios Bromatológicos como apoyo a la taxonomía del genero *Opuntia Mill (cactaceae)*. Memoria del IX Congreso Nacional y VII Internacional Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal. Universidad Autónoma Chapingo, Universidad Autónoma de Zacatecas e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias. Zacatecas, Zac. México. pp.114-116.
48. **Villarreal, A.** 1958. El Nopal como Forraje para el Ganado Primer Congreso de Investigación Agrícola en México Esc. Nal. Agr. Chapingo. México, pp. 210-220.

## **PÁGINAS WEB CONSULTADAS**

### **1. Boletín Nopales tunas y *Xoconostles*. Disponible en:**

<<http://www.conabio.gob.mx/.../NP-CONABIO DEF%20%20Nopales%20Tnas%20Xocnstls-11y12oct08.pdf>. Consultado el 29 de Septiembre de 2009.

### **2.- Deshidratación del nopal por fluidización. Disponible en:**

<<http://148.206.53.231/UAM1984.PDF>. Consultado el 28 de Febrero de 2010

### **3.- Efectos de la ingestión del fruto de *Xoconostle* (*Opuntia joconostle* Web.) sobre la glucosa y lípidos séricos. Disponible en:**

<<http://redalyc.uaemex.mx/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=30211218005>. Consultado el 22 de Enero de 2010.

### **4.- Fertilización orgánica en *Xoconostles* (*Opuntia joconostle* y *O. matudae*). Disponible en:**

<<http://www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2001/nov-dic/art-4.PDF>. Consultado el 08 de Diciembre de 2009

### **5.- Investigación y transferencia de tecnología para producir una bebida funcional a base de jugo y pulpa de *Xoconostle* deshidratado. Disponible en:**

<[http://cocinandocontodoslossentidos.blogspot.com/2008\\_02\\_01\\_archive.html](http://cocinandocontodoslossentidos.blogspot.com/2008_02_01_archive.html). Consultado el 07 de Febrero de 2010.

### **6.- Nopal. Tuna y *Xoconostles*. Disponible en:**

<<http://www.comentuna.com.mx/comentuna/Documentos/Mapa1.pdf>. Consultado el 29 de Septiembre de 2009.

**7.- Nueva subespecie de *Opuntia Streptacantha* (Cactaceae) de la altiplanicie mexicana. Disponible en:**

< [http:// www.ejournal.unam.mx/bot/074-02/BOT74206.pdf](http://www.ejournal.unam.mx/bot/074-02/BOT74206.pdf). Consultado el día 01 de Marzo de 2010

**8.- Validación de una mermelada elaborada con *Xoconostle* (*Opuntia matudae* Scheinvar). Disponible en:**

<<http://www.alfa-editores.com/alimentaria/Enero%20-%20Feb%2006/TECNOLOGIA%20Validacion.pdf>. Consultado el día 24 de Octubre de 2009.

**9.- *Xoconostle*: un alimento con gran potencial. Disponible en:**

<[http://vinculando.org/mercado/xoconostle\\_un\\_gran\\_potencial.html](http://vinculando.org/mercado/xoconostle_un_gran_potencial.html). Consultado el día 21 de Enero del 2010.