



*Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio*

**SEP      TecNM**

**DIVISIÓN DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**OPCIÓN**

*“Tesis”*

**Proyecto**

**“Evaluación de la calidad fisicoquímica del fruto de pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*) para la obtención de un colorante”**

**Que para obtener el título de:**

*Ingeniero en Industrias Alimentarias*

**Presenta**

*Diana Lizbeht Paez Mendoza*

**160712022**

**Acatlán de Osorio, Pue., Diciembre de 2022**



"2022, Año de Ricardo Flores Magón"

**ASUNTO:** Aprobación de Trabajo de Titulación.

Acatlán de Osorio, Pue., a 02 de Diciembre de 2022.

**I.I.A. ELEODORO GABILÁN LINARES**  
**JEFE DE DIVISIÓN DE LA CARRERA DE**  
**INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**  
**P R E S E N T E.**

Por este medio hago de su conocimiento que el documento bajo el esquema: **OPCIÓN: TESIS PROFESIONAL**, que lleva por nombre **"Evaluación de la calidad fisicoquímica del fruto de pitaya de mayo (stenocereus griseus) para la obtención de un colorante"**, que presenta la candidata a Titulación: **C. DIANA LIZBEHT PAEZ MENDOZA** con número de control **160712022** de la carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias, fue revisada y aprobada para su impresión por la comisión revisora conformada por: **M.I.A ANABEL ROMERO CRUZ, M.C VÍCTOR I. PACHECO CONTRERAS, M.I.A. ERIKA LÓPEZ ARANDA.**

Sin más por el momento, quedo de usted.

A T E N T A M E N T E

"CONOCIMIENTO COMO GUÍA DEL DESARROLLO"

ING. GABRIELA FORTUNATA LARA RUIZ  
PRESIDENTE DE ACADEMIA DE LA CARRERA  
DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Vo. Bo.

M.I.A. ANABEL ROMERO CRUZ

Vo. Bo.

M.C. VÍCTOR I. PACHECO  
CONTRERAS

Vo. Bo.

M.I.A. ERIKA LÓPEZ ARANDA

c. c. p.-Archivo.



## AGRADECIMIENTOS

Primeramente agradezco a **dios** por darme la gracia de vida, bendecir y llenarme de luz para guiarme por el camino de la sabiduría y brindarme las fuerzas necesarias para alcanzar mis metas.

A mis queridos padres **Eduardo** y **Elia** por su gran esfuerzo y apoyo incondicional durante mi carrera académica, gracias por brindarme la confianza necesaria para seguir adelante.

A la M.I.A. **Anabel Romero Cruz** por el gran apoyo incondicional, dedicación, tolerancia y brindarme la confianza necesaria para el desarrollo del presente trabajo, gracias por los buenos consejos y enseñanzas durante el transcurso de la carrera que me servirán en la vida.

A mi tutor el **M.C. Víctor Pacheco Contreras** por apoyarme en la realización y revisión del trabajo de tesis así como su gran constancia perseverancia y paciencia durante todo el camino del aprendizaje.

A la maestra **M.I.A. Erika Lopez Aranda** por formar parte de la revisión del trabajo, gracias por la paciencia y por sus conocimientos brindados durante la carrera.

Y finalmente gracias al **Instituto Tecnológico Superior de Acatlan de Osorio** por abrirme las puertas de esta gran casa de estudios y darme la gran oportunidad de formarme como profesionista.

## DEDICATORIAS

A mis padres **Eduardo** y **Elia** por formar parte de mi vida y por su gran apoyo incondicional, por todos los consejos, enseñanzas y aprendizajes que me llevaron a ser una persona de bien, gracias por depositar plenamente su confianza en mí para culminar mis estudios.

A mis hermanos **Edzael, Andres, Arturo, Cesar** y **Joberth** por su apoyo incondicional durante toda mi carrera, por motivarme a seguir adelante, gracias por formar parte de mi vida y por todos los momentos maravillosos que hemos compartido.

A mis sobrinos **Yetzael, Jaciel, Montserrat** y **Karla Alicia** por llenarme de alegría con sus sonrisas y abrazos.

A mis abuelitos **Rosalía** y **Eliezer** que aunque ya no están presentes sé que estarán contentos de este gran logro, gracias por las buenas oraciones y por su apoyo incondicional que me brindaron en todo momento.

A mis amigas **Adilene, Guillermina** y **aileen**, por formar parte de mi vida, por sus sabios consejos y por estar presentes siempre, aunque la vida nos haya distanciado sé que siempre contare con ustedes, son unas personas maravillosas y admirables me siento muy feliz por haberlas encontrado en este camino llamado vida.

A mis amigas y compañeras **yesenia, Vivian** y **Karla Zamora** por brindarme su amistad y apoyo incondicional y a mi gran amiga **Brenda Sixto** que ha estado conmigo en cada momento, eres una persona maravillosa y me alegro mucho de haberte conocido en el transcurso de nuestra carrera, fue increíble compartir momentos llenos de felicidad y alegría, gracias por escucharme y darme los mejores consejos sé que siempre contare contigo.

## INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
INDICE DE TABLAS .....	vi
INDICE DE FIGURAS .....	vii
LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS.....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS E HIPÓTESIS .....	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
1.1 Origen y distribución.....	4
1.2 Pitaya.....	5
1.3 Tipos de cactáceas.....	5
3.3.1 Stenocereus martinezii.....	6
3.3.2 Stenocereus montanus .....	6
3.3.3 Stenocereus quevedonis .....	7
3.3.4 Stenocereus queretaroensis .....	8
3.3.5 Pitaya, Xoconochtli, Jonocostle.....	8
3.3.6 Stenocereus griseus .....	9
3.3.7 Stenocereus thurberi.....	10
3.3.8 Stenocereus pruinosus .....	10
3.3.9 Stenocereus Marginatus .....	11
3.3.10 Fricii (pitaya de aguas).....	11
3.4 Pitaya de mayo (Stenocereus griseus). .....	12
3.4.1 Morfología de pitaya de mayo. ....	13
3.4.2 Condiciones agroecológicas. ....	14
3.4.3 Composición nutricional de la pitaya. ....	15
3.4.4 Usos de la pitaya de mayo.....	17

3.4.5	Pigmentos presentes en los frutos de pitaya.....	17
3.4.6	Distribución y producción de la pitaya de mayo ( <i>Stenocereus griseus</i> ).....	18
3.4.7	Producción estatal de pitaya.....	19
3.4.8	Producción de pitaya en la región mixteca poblana.....	20
3.5	Pigmentos.....	21
3.5.1	Pigmentos sintéticos.....	21
3.5.2	Pigmentos naturales.....	22
3.6	Betalainas.....	23
3.6.1	Propiedades de las betalainas.....	24
3.6.2	Estabilidad.....	24
3.6.3	Efecto del pH.....	25
3.6.4	Efecto de la temperatura.....	25
3.6.5	Efecto del oxígeno y luz.....	25
3.6.6	Efecto de la actividad acuosa.....	25
3.6.7	Efecto de los cationes metálicos.....	26
3.7	Clasificación de las betalainas.....	26
3.7.1	Betacianinas.....	26
	.....	26
3.7.2	Betaxantinas.....	27
3.8	La espectroscopia de absorción.....	27
3.9	La instrumentación.....	29
3.10	Las curvas de calibración.....	30
	MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
4.1	Localización del lugar de investigación.....	31
4.2	Materia vegetal.....	31
4.3	Evaluación fisicoquímica del Fruto.....	31
4.3.1	Peso del fruto.....	32
4.3.2	Diámetro Ecuatorial.....	32
4.3.3	Diámetro polar.....	32
4.3.4	Rendimiento de pulpa y cascara.....	32
4.3.5	pH.....	33
4.3.5	Acidez titulable.....	33

4.4 Evaluación bromatológica del fruto .....	34
4.4.1 Determinación de proteína. ....	34
4.4.2 Determinación de humedad. ....	35
4.4.3 Determinación de grasas.....	36
4.4.4 Determinación de fibra cruda. ....	36
4.4.5 Determinación de cenizas. ....	37
4.4.6 Determinación de carbohidratos .....	38
4.5 Estimación de Betalaínas.....	38
4.5.1 Deshidratación de la pulpa.....	38
4.5.2 Extracción de betalainas. ....	39
4.6 Cuantificación de Betalainas .....	39
4.6.1 Calibración del espectrofotómetro UV/VIS.....	39
4.6.2 Solución de permanganato de potasio .....	39
4.6.3 Solución de dicromato de potasio.....	40
4.6.4 Dilución de la muestra.....	40
4.6.5 Cuantificación de Betalaínas. ....	40
4.7 Análisis estadístico. ....	46
RESULTADOS Y DISCUSIONES .....	47
5.1 Caracterización física del fruto de pitaya amarilla de Mayo (Stenocereus griseus). ....	47
5.1.1. Efecto del lugar de procedencia sobre peso del fruto, cáscara y pulpa .....	47
5.1.2 Efecto del lugar de procedencia sobre diámetro ecuatorial y polar.....	48
5.2 Efecto del lugar de procedencia sobre parámetros químicos (pH, °Brix y acidez titulable).....	49
5.3 Efecto del lugar de procedencia sobre parámetros bromatológicos.....	51
5.4 Concentración de betalaínas debido al tiempo de extracción y procedencia de los frutos. ....	52
CONCLUSIONES .....	56
RECOMENDACIONES .....	57
BIBLIOGRAFÍAS .....	58
APÉNDICES .....	63

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición fisicoquímica de tres variedades de pitaya <i>Stenocereus</i> (%) .....	16
Tabla 2. Propiedades químicas de la pulpa de las variedades <i>Stenocereus griseus</i> .....	16
Tabla 3. Superficies cultivadas de pitaya en los principales estados productores.....	19
Tabla 4. Producción de pitaya en algunos municipios de Puebla.....	20
Tabla 5. Ejemplos de colorantes sintéticos.....	22
Tabla 6. Clasificación de los colorantes naturales.....	23
Tabla 7. El espectro de la radiación visible .....	29
Tabla 8. Esquema experimental para determinar el efecto del lugar de procedencia .....	42
Tabla 9. Esquema factorial para estimar el efecto del lugar de procedencia, tiempo de extracción y concentración de etanol.....	43
Tabla 10. Comparación de medias para parámetros bromatológicos de la pitaya .....	52
Tabla 11. Análisis de varianza de la concentración de etanol y lugar de procedencia del fruto sobre la concentración de betalainas .....	54

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Stenocereus martinezii</i> .....	6
Figura 2. <i>Stenocereus montanus</i> .....	7
Figura 3. <i>Stenocereus quevedonis</i> .....	7
Figura 4. <i>Stenocereus queretaroensis</i> .....	8
Figura 5. <i>Stenocereus stellatus</i> .....	9
Figura 6. <i>Stenocereus griseus</i> .....	9
Figura 7. <i>Stenocereus thurberi</i> .....	10
Figura 8. <i>Stenocereus pruinosus</i> .....	11
Figura 9. <i>Stenocereus Marginatus</i> .....	11
Figura 10. <i>Stenocereus Fricii</i> .....	12
Figura 11. Pitaya de mayo ( <i>Stenocereus griseus</i> ).....	13
Figura 12. Morfología de <i>Stenocereus griseus</i> .....	14
Figura 13. Estructura química de la isobetanina.....	26
Figura 14. Estructura química de la betanina .....	26
Figura 15. Betaxantinas .....	27
Figura 16. Indicaxantina.....	27
Figura 17. La atenuación de un haz de radiación conforme atraviesa una cubeta que contiene una disolución absorbente .....	30
Figura 18. Comparación de medias de características físicas de la pitaya .....	48
Figura 19. Comparación de medias de características físicas de la pitaya .....	49
Figura 20. Comparación de medias de parámetros químicos de la pitaya .....	50
Figura 21. Comparación de medidas de parámetros químicos de la pitaya .....	50
Figura 22. Comparación de medias sobre la concentración de etanol a la concentración de betalainas y dilución de betalaínas .....	55
Figura 23. Comparación de medias sobre el lugar de procedencia del fruto debido a la concentración de betalainas totales.....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

UV-VIS	Ultravioleta-Visible
ANOVA	Análisis de varianza
Ph	Potencial de hidrogeno
Ha	Hectáreas
udm/ha	Rendimiento sobre hectárea
KMnO <sub>4</sub>	Permanganato de potasio
K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>	Dicromato de potasio
°C	Grados centígrados
M	Molaridad
Abs	Absorbancia
Mg/g	Miligramos sobre gramos
NaOH	Hidróxido de sodio
N	Normalidad
ml	Mililitros
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
Min	Minutos
G	Gramos

## RESUMEN

La pitaya de mayo *Stenocereus griseus* es un fruto de forma globosa, cubierta con una cascara delgada y suave con espinas, su pulpa es jugosa rica en proteínas y con numerosas semillas, su color característico se debe a la presencia de betalainas pigmentos naturales que pueden ser extraídos, en la actualidad presentan un gran impacto en la industria de los alimentos ya que pueden disminuir o sustituir a los colorantes sintéticos, es por ello que el presente estudio se realizó con el objetivo de evaluar la calidad física, química y bromatológica de pitaya de mayo procedentes de dos localidades, La Huerta, Acatlán de Osorio y Xayacatlán de Bravo para la obtención de un colorante natural, se determinaron diferentes concentraciones de solvente para la extracción del pigmento las cuales fueron 40, 60 y 80 %, a diferentes tiempos de extracción 100, 120 y 140 min, se cuantificó la concentración de betalainas por el método de espectrofotometría UV/VIS a diferentes diluciones 10, 25 y 50 %. Los resultados muestran que existe diferencia significativa respecto al lugar de procedencia del fruto sobre diámetro ecuatorial, no así para el diámetro polar. Frutos procedentes de la localidad de La Huerta presentaron mayor diámetro ecuatorial con 6.573 cm respecto a los frutos de Xayacatlán con 6.007 cm . La medición de pH indicó que frutos de la localidad de la Huerta presentaron mayor acidez con 6.207 con respecto a los de la localidad de Xayacatlan de Bravo con 5.853, no encontrando diferencia significativa para sólidos solubles expresados en °Brix y acidez titulable. Los análisis del efecto de lugar de procedencia sobre parámetros bromatológicos determinaron que existe diferencia significativa en % de Humedad, siendo frutos procedentes de la localidad de Xayacatlan de Bravo quienes presentaron mayor contenido en agua con  $85.2733 \pm 0.0321$  % en comparación con los frutos de La Huerta, quienes registraron un promedio de  $85.153 \pm 0.0451$  %. Por último se determinó que a una concentración del 40 % se obtiene mayor cantidad de betalainas en las tres diluciones espectrofotométricas predominando la del 50 %, siendo los frutos procedentes de la localidad de la Huerta los que presentaron mayor contenido de Betalainas con 49.8302 mg/5g de muestra, los análisis de los frutos muestran resultados favorables para la extracción del pigmento y su posterior aplicación.

**Palabras claves:** Pitaya de mayo, Pigmentos, Betalaina

## ABSTRACT

The Pitaya de Mayo *Stenocereus griseus* is a globular fruit, covered with a thin and soft shell with thorns, its pulp is juicy, rich in protein and with numerous seeds, its characteristic color is due to the presence of betalains, natural pigments that can be extracted, currently have a great impact in the food industry since they can reduce or replace synthetic dyes, which is why the present study was carried out with the objective of evaluating the physical, chemical and bromatological quality of pitaya from May from two locations, La Huerta, Acatlán de Osorio and Xayacatlán de Bravo to obtain a natural dye, different concentrations of solvent for pigment extraction were determined, which were 40, 60 and 80 %, at different extraction times. 100, 120 and 140 min, the concentration of betalains was quantified by the UV/VIS spectrophotometry method at different dilutions 10, 25 and 50 %. The results show that there is a significant difference regarding the place of origin of the fruit on the equatorial diameter, but not for the polar diameter. Fruits from the town of La Huerta had a greater equatorial diameter with 6,573 cm compared to fruits from Xayacatlán with 6,007 cm. The pH measurement indicated that fruits from the town of La Huerta presented higher acidity with 6,207 compared to those from the town of Xayacatlan de Bravo with 5,853, finding no significant difference for soluble solids expressed in °Brix and titratable acidity. The analysis of the effect of place of origin on bromatological parameters determined that there is a significant difference in % humidity, with fruits from the town of Xayacatlan de Bravo presenting the highest water content with  $85.2733 \pm 0.0321$  % compared to fruits from La Huerta. , who recorded an average of  $85.153 \pm 0.0451$  %. Finally, it was determined that at a concentration of 40%, a greater amount of betalains is obtained in the three spectrophotometric dilutions, with 50% predominating, being the fruits from the town of La Huerta those that presented the highest content of Betalains with 49.8302 mg/5g. sample, the analysis of the fruits show favorable results for the extraction of the pigment and its subsequent application.

**Keywords:** Pitaya de mayo, Pigments, Betalaina

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad una de las primeras exigencias de los consumidores hacia la industria de los alimentos es encontrar en el mercado productos más naturales e inocuos, que aseguren su calidad de vida principalmente su salud. Los estudios de extracción de colorantes naturales a partir de plantas, animales y frutas han tenido resultados positivos en los últimos años ya que algunos extractos naturales han sido utilizados en productos alimenticios tales como bebidas, caramelos, sazoadores, cárnicos, panadería entre otros; la gran aceptación de estos colorantes, han ocasionado desarrollar procedimientos amigables con el medio ambiente desde el laboratorio.

Las betalaínas son pigmentos naturales hidrosolubles que podrían ser utilizados potencialmente como colorantes (rojos y amarillos), que poseen además actividad antioxidante, estos pigmentos han sido obtenidos principalmente en la betarraga (*Beta vulgaris*), semillas y hojas de amaranto (*Amaranthus sp.*) y en algunas cactáceas del genero *Opuntia* y *Hylocereus* (Vaillant, 2005).

La pitaya de mayo (*Stenocereus griseus H.*) es una cactácea columnar originaria de México. Sus frutos son bayas de forma globosa u ovoide, con espinas; la pulpa puede ser de color anaranjado, rojo y morada. El color característico de sus frutos se debe a las betalainas, pigmentos naturales (Ramírez, 2017).

La producción de pitaya de mayo ha ido en incremento debido a la gran aceptación que ha tenido por los consumidores incluso por la demanda alta que se registra por los connacionales que radican en los Estados Unidos, de disponer frutos de su lugar de origen. De acuerdo a Olvera, (2001), la superficie de plantaciones registradas hasta esta fecha fue de 163.35 ha, es

decir, cerca de 177,886 plantas, los estados de Oaxaca, Puebla y Querétaro, son los principales productores de este fruto debido a la variedad de pitayas que han sido reportadas, de las que sobresalen pitaya de mayo de pulpa roja y amarilla.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la calidad fisicoquímica y obtener un colorante natural a base de pitaya de mayo amarilla a través de mezclas de alcohol-agua en un tiempo determinado, con potencial para ser utilizado en la industria de los alimentos además de ser una alternativa para aprovechar la producción de este fruto en dos localidades del distrito de Acatlán, La Huerta y Xayacatlán de Bravo.

## **OBJETIVOS E HIPÓTESIS**

### **2.1 Objetivo general**

Evaluar la calidad fisicoquímica y bromatológica del fruto de pitaya de Mayo procedentes de dos localidades para la obtención de un colorante a diferentes condiciones de extracción.

### **2.2 Objetivos específicos**

1. Caracterizar parámetros fisicoquímicos y bromatológicos de frutos de pitaya de Mayo procedentes de dos localidades (La Huerta y Xayacatlán de Bravo).
2. Cuantificar el contenido de betalainas de colorantes obtenidos en frutos procedentes de dos localidades, tratados a diferentes concentraciones de solvente y tiempo de extracción.
3. Estimar el efecto de la procedencia del fruto, concentración de solvente y tiempo de extracción sobre el contenido de betalainas, parámetros físicos, químicos y bromatológicos

### **2.3 Hipótesis**

El lugar de procedencia de frutos de pitaya de mayo tiene efecto sobre, parámetros físicos, químicos y bromatológicos

El lugar de procedencia del fruto, solvente y tiempo de extracción tienen efecto sobre el contenido de betalainas en el colorante a base de pulpa de pitaya de mayo

## REVISION DE LITERATURA

### 1.1 Origen y distribución.

La teoría más aceptada sobre el origen de las cactáceas establece que las formas ancestrales fueron plantas foliadas que vivieron en territorios emergidos del Caribe y que actualmente están extinguidas. Plantas que habitaban regiones con clima subtropical más o menos cálido húmedo y que gradualmente fueron adquiriendo sus características, al ir disminuyendo la humedad y formándose los desiertos Buxbaum (1953), citado por Balderas (2017).

Gibson y Nobel (1986), citado por Sanchez (2006), consideran que las Cactáceas representan un grupo de plantas que evoluciono en los últimos 80 millones de años y proponen al género *pereskia* como el género más primitivo de estas cuyos caracteres anatómicos y fisiológico son considerados los más primitivos.

El género *Stenocereus* se distribuye desde Arizona en el Suroeste de Estados Unidos de Norte América, México, Guatemala, Nicaragua, Honduras, El salvador, Costa Rica hasta el Norte de Sudamérica en Colombia y en Venezuela, así como en el Caribe. Pese a su amplia distribución, la mayor abundancia y diversidad de especies se concentran en México, ya que de las 24 especies de este género, 22 son nativas, y de estas 20 son endémicas del país (Martínez, 2015).

## **1.2 Pitaya**

La pitaya es el fruto de la planta de la familia de las cactáceas; originaria de América tropical, fueron observadas por primera vez en forma silvestre por los conquistadores españoles en México, Colombia, Centroamérica y las Antillas que le dieron el nombre de pitaya que significa fruta escamosa. Actualmente se comercializa pitaya amarilla y pitaya roja (Martínez & Bonilla 2005).

Las especies más representativas en la región Mixteca Oaxaqueña son *Stenocereus griseus*, conocida también por el nombre de pitaya de mayo y *Stenocereus Stellatus*, llamada comúnmente xoconostle (Olvera, 2001).

La producción de la pitaya de mayo es durante el mes de mayo, principalmente en los huertos familiares, la altura de las plantas varía de 6 a 9 metros, sus tallos presentan de 8 a 10 costillas y menor número de espinas que los pitayos de agosto. La pulpa del fruto puede ser de color rojo, amarillo o blanco, su sabor es dulce.

La pitaya de agosto, se produce durante los meses de Agosto y Septiembre, principalmente en los montes y también es los huertos familiares, la altura de las plantas varía de 2 a 4 metros, sus tallos presentan de 8 a 12 costillas y mayor número de espinas que los pitayos de mayo, la pulpa de los frutos son rojas, amarillas, blancas o lilas su sabor es agri dulce. En la región de la Mixteca Poblana y Oaxaqueña recibe el nombre local de Xoconostle (Hernández 1985), citado por (Sanchez, 2010).

## **1.3 Tipos de cactáceas**

*Stenocereus* es el género de más amplia distribución, el fruto de pitaya se produce por polinización libre, lo que genera diversidad de cruces (tipos) y ello ocasiona que la fruta crezca en distintos colores y tamaños.

A continuación se mencionan algunas variedades de pitayas con sus diferentes características.

### **3.3.1 *Stenocereus martinezii***

Árboles de 3-5 m de alto; tronco definido, 1.0-1.5 m de largo y 25-30 cm de diámetro; ramas erectas, escasas, a veces volviéndose a ramificar, casi todas de la misma longitud, de hasta 2.5 m de largo y 20 cm de diámetro, florece durante abril y mayo, fructifica en mayo y junio, se desarrolla en bosque tropical caducifolio, en altitudes cercanas a los 100 m, *Stenocereus martinezii* está restringida al centro y sur del estado de Sinaloa.



*Figura 1. Stenocereus martinezii*

### **3.3.2 *Stenocereus montanus***

Árboles de 6-9 m de alto; tronco definido, 0.6-1 m de alto y 30-40 cm de diámetro; ramas más o menos numerosas que se vuelven a ramificar, encorvadas en la base, casi todas del mismo tamaño, 1-5 m de largo y 13-20 cm de diámetro, florece en abril y mayo, fructifica en mayo y junio, crece en bosque tropical caducifolio en altitudes entre los 200 y 400 m. *Stenocereus montanus* se encuentra en el sur de Sonora y norte de Sinaloa.



*Figura 2. Stenocereus montanus*

### **3.3.3 Stenocereus quevedonis**

Árboles de hasta 6 m de alto; tronco definido, corto, de hasta 50 cm de largo y 20-25 cm de diámetro; ramas numerosas, erectas, con pocas ramas secundarias, 2.5-3.5 de largo, fruto globoso a ovoide, verde a verde-rojizo, 5-6 cm de diámetro, cubierto con numerosas espinas de 1.5-2 cm de largo, blancas, pulpa roja, de sabor dulce; semillas 1.8-2 mm de largo florece durante abril, fructifica en mayo y junio, Vive en matorral xerófilo y bosque tropical caducifolio en altitudes de 200 a 500 m.



*Figura 3. Stenocereus quevedonis*

### 3.3.4 *Stenocereus queretaroensis*

Árboles de 3-7 m de alto; tronco definido, 0.5-1.2 m de alto y 20-25 cm de diámetro o más; ramas principales dividiéndose en ramas secundarias y terciarias y formando una copa muy amplia, de tamaños variables de hasta 4 m y aproximadamente 15 cm de diámetro, verdes, a veces con tintes rojizos, florece de febrero a marzo, fructifica durante abril, mayo y junio, crece en hábitat de Matorral xerófilo en altitudes cercanas a los 1800 m y en bosque Tropical caducifolio en altitudes desde el nivel del mar hasta cerca de los 1600 m, *Stenocereus queretaroensis* está ampliamente distribuida en Colima, Estado de México, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro y Zacatecas (Arreola & Terrazas 2003).



*Figura 4. Stenocereus queretaroensis*

### 3.3.5 Pitaya, Xoconochtli, Jonocostle.

Nombre Científico: *Stenocereus stellatus*, es una planta de dos a tres metros de altura con ramas erectas desde la base, espinas radiales cortas grisáceas con punta oscura, se encuentra a 1600m sobre el nivel del mar y se localiza en la Republica Mexica en la Mixteca baja, el valle de Tehuacán, en los Valles centrales de Oaxaca en algunas partes de Jalisco y Puebla (Mandujano, 2006).



*Figura 5. Stenocereus stellatus*

### **3.3.6 Stenocereus griseus**

Es una cactácea columnar originaria de México. Sus frutos son bayas poliespermáticas de forma globosa u ovoide, con espinas caducas; la pulpa puede ser de color anaranjado, rojo o púrpura, este tipo de cactáceas crece en regiones áridas con muy poca precipitación (García *et al.*, 2012).



*Figura 6. Stenocereus griseus*

### 3.3.7 *Stenocereus thurberi*

Tiene tallos columnares de 3 a 8 m de altura, ramificados desde la base o con un tronco corto. Sus flores, de 6 a 8 cm de largo, El fruto es una baya de 4 a 7.5 cm de largo, con pulpa rojiza y semillas de color negro brillante, La pitaya se distribuye desde el norte de Sinaloa y oeste de Chihuahua hasta el sudoeste de Arizona y la mitad sur de la península de Baja California. Las plantas están restringidas a las pendientes rocosas y bordes de acantilados (Montijo *et al.*, 2016).



*Figura 7. Stenocereus thurberi*

### 3.3.8 *Stenocereus pruinosus*

La planta tiene 1.8 a 7 m de altura y de crecimiento vertical, producen una ramificación a corta altura, El fruto presenta diversas formas, desde el redondo hasta el de forma de pera con un diámetro polar y ecuatorial de 8.3 y 6.3 cm, respectivamente, se distribuye principalmente en la región semiárida del valle de Tehuacán, en el Centro de México (Bonilla *et al.*, 2005).



*Figura 8. Stenocereus pruinosus*

### **3.3.9 Stenocereus Marginatus**

Es de crecimiento simple o poco ramificado de 3 a 5m de altura de color verde oscuro con espinas muy cortas que al principio son rojizas luego morenas y después blanco grisáceo, las flores son de color verde amarillento de 4 a 5cm de largo esta especie habita en clima semiseco entre los 1990 y los 2050msnm, crece en algunos estados de Morelos, Guanajuato y Morelos (Pliego, 2009)



*Figura 9. Stenocereus Marginatus*

### **3.3.10 Fricii (pitaya de aguas)**

Plantas arborescentes de 4 a 5 m de altura, espinas rectas blancas grisáceas con la punta negruzca de 7 a 12 cm, se distribuye en Jalisco, Colima y en Michoacán en la cuenca del rio Balsas y Tepalcatepec (Pliego, 2009)



*Figura 10. Stenocereus Fricii*

### **3.4 Pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*).**

Es una baya de forma generalmente globosa, de 6 a 11cm de longitud y de 5 a 7cm de diámetro. La pulpa es jugosa, azucarada y con numerosas semillas de 2 a 2.5mm de longitud, generalmente de color negro.

La cascara del fruto presenta espinas que por lo general se desprenden al madurar, los frutos se clasifican en cuatro variedades roja, amarilla, anaranjada y morada (Vega 2016). Se conocen entre 22 y 24 especies del género *Stenocereus* (Luna & Aguirre 2001) Morfológicamente la pitaya de mayo tiene una forma ovoide, con diámetro ecuatorial de entre 5 y 12 cm, con un peso entre 150 y 500 g, espinas de 1 a 2cm, su cáscara es lisa de color verde o rojo (Figueroa *et al.*,2010).

El periodo de mayor producción del pitayo se liga a los meses de finales de abril y todo el mes de mayo, en los cuales los productores cortan diariamente la fruta en horas de menor calor, con la finalidad de una menor deshidratación en la fruta logrando una mayor duración después de la cosecha (González, 2012).



Figura 11. Pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*)

### 3.4.1 Morfología de pitaya de mayo.

La especie *Stenocereus griseus* de acuerdo a pliego (2009) se distingue por tener las características siguientes:

**Raíz:** Se dividen en dos ramificaciones: Las principales (están en el suelo, a una profundidad de 2 a 10 pulgadas y de 30cm de espesor; las secundarias, surgen con la escases del agua y se desarrollan fuera del suelo.

**Tallo:** Contiene el agua suficiente para sobrevivir en los climas cálidos. La capa exterior (epidermis), contiene estomas (pequeños agujeros hundidos). Tiene de 2.7 a 3.4m de altura, pero exceden de vez en cuando los 6.1m.

**Flor:** Tienen una apariencia muy llamativa en forma de trompeta, son de color blanco, amarillo o rosáceo nacen pegadas a la epidermis entre las espinas, se producen a partir del mes de abril, se abren después de que ha oscurecido y se cierran poco después de la salida del sol.

**Fruto:** Es una baya de forma redondeada u ovoide, la cascara es delgada y contiene muchas espinas y constituyen la pulpa comestible del fruto.

**Semilla:** Se localiza en la pulpa del fruto. Son semillas pequeñas muy abundantes de color negro brillante.

**La pulpa:** Es de color rojo jugosa poco fibrosa y aromática al llegar a la madurez comercial, es de sabor agridulce.

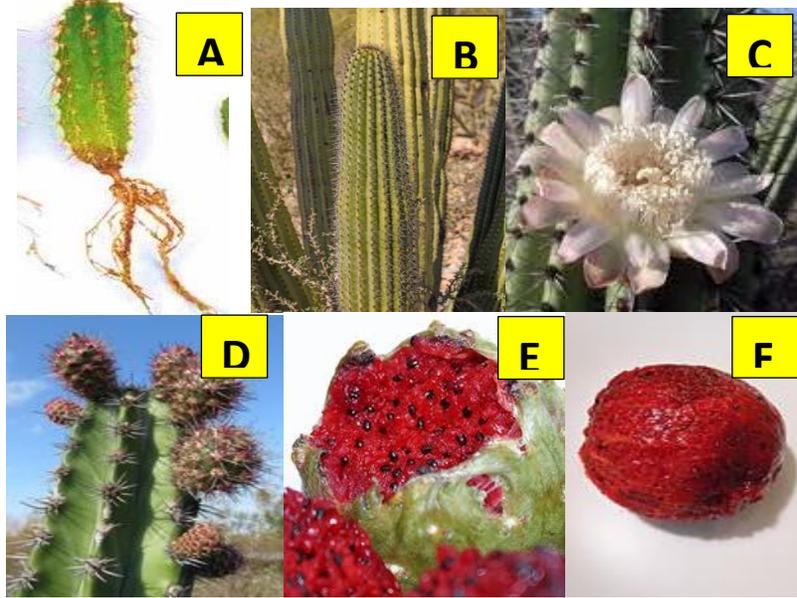


Figura 12. Morfología de *Stenocereus griseus*

A) raíz, B) tallo, C) flor, D) fruto, E) semilla, F) Pulpa

### 3.4.2 Condiciones agroecológicas.

La Agroecología comprende las actividades de campo para optimizar las producciones sin perjudicar el medio ambiente, en ella se establecen requerimientos básicos para el desarrollo de un cultivo y lograr cosechas estables de acuerdo a (Pliego, 2009), las condiciones agroecológicas para una buena producción de pitaya son las siguientes:

- Plantación: Los productores efectúan la plantación después de la luna llena y posteriormente aplican abono orgánico (chivo, borrego o res).
- Clima: La mayor parte de los cactus se desarrollan en zonas áridas, en donde las lluvias son muy esporádicas y muy pocas en lugares húmedos.

- Suelos: Los mejores suelos para el cultivo son los franco-arenoso, bien drenados que eviten la acumulación de humedad en la raíz, un PH de entre 5.5 y 6.5, el cultivo se desarrolla bien en suelos de origen volcánicos y pedregosos.
- Altitud: Se adapta en un rango de 1400 a 1700 msnm hasta 2100, pero se puede desarrollar en rangos menores y con baja producción.
- Precipitación: Por ser una cactácea presenta tolerancia a varias temperaturas y largos periodos de sequía, pero no a acumulaciones de agua, por lo que el suelo debe ser bien drenado, puede desarrollarse y producirse a 1500 a 200mm al año.
- Heladas: Las cactáceas no son la excepción y por lo general, resisten poco el frío.

### **3.4.3 Composición nutricional de la pitaya.**

En la tabla 1 se muestra la composición fisicoquímica de tres variedades de pitaya *Stenocereus* como se puede observar *S. griseus* presenta un 85.8% de humedad, en comparación con *S. stellatus* es menor y con una diferencia mínima es mayor con *S. pruinosus*, cabe señalar que la especie *S. griseus* presenta menor contenido en grasas con respecto a los otros frutos y mayor contenido de carbohidratos en comparación con *S. stellatus* siendo frutos más dulces y jugosos.

Tabla 1.

*Composición fisicoquímica de tres variedades de pitaya Stenocereus (%)*

<b>Análisis</b>	<b>S. griseus</b> ( Mercado y Granados 2002, citado por Ramírez 2017)	<b>S. stellatus</b> ( Bravo y Sanchez 1991 citado por González 2006)	<b>S. Pruinosis</b> ( Sanchez <i>et al</i> ,2012)
Proteína	1.29	7.33	1.2
Fibra Cruda	3.23	1.83	-
Ceniza	0.46	3.54	0.48
Grasa	0.12	2.07	0.13
Humedad	85.8	86.33	84.49
Extracto libre de Nitrógeno	9.05	85.23	-

En la tabla 2 se muestra las propiedades químicas de la pitaya *Stenocereus griseus*, se observa que presenta un mayor contenido en proteína en semilla para ambas variedades y un contenido bajo de ácido láctico, así también presenta un bajo porcentaje en azúcares tanto totales como reductores

Tabla 2.

*Propiedades químicas de la pulpa de las variedades Stenocereus griseus*

<b>Variedad de pitaya</b>	<b>pH</b>	<b>Acidez (% de ácido láctico)</b>	<b>Azúcares totales (%)</b>	<b>Azúcares reductores (%)</b>	<b>Proteína en pulpa (g/kg)</b>	<b>Proteína en semilla (g/kg)</b>
Roja	4.2	0.53	9.2	10.1	1.35	91.0
Amarilla	4.46	0.50	9.1	10.2	1.07	90.0

Fuente: (Mercado y Granado 2002, citado por Ramírez 2017)

#### **3.4.4 Usos de la pitaya de mayo.**

La fruta es el producto más demandado se puede comer fresca o se puede enfriar o congelar a bajas temperaturas.

Cerca del 95% que se produce a nivel regional se vende en estado fresco el 5% de la producción total es para autoconsumo y fruta de regalo, el resto es comercializada a buen precio, probablemente a esto se deba que los productores, hasta hoy no se vean en la necesidad de procesarla para su venta, aunque si para autoconsumo, ya sea en forma de mermeladas, gelatinas, jamoncillo, jarabes, bebidas fermentadas, bebidas refrescantes y se puede mezclar con otras frutas de temporada o en conserva (Vázquez *et al.*, 2009).

Recientemente, se ha propuesto la elaboración artesanal de refrescos, jarabes, ates y ensaladas de pulpa congelada, tradicionalmente se han empleado las semillas de *S. pruinosa* mezcladas con maíz para la elaboración de tortillas (Luna *et al.*, 2001). En los procesos de industrialización se aprovechan los polisacáridos (pectinas) de la pulpa y de la cáscara del fruto (Bárcenas *et al.*, 2010).

#### **3.4.5 Pigmentos presentes en los frutos de pitaya.**

La apariencia y el color son factores importantes para que el consumidor valore la calidad de un alimento y lo acepte o lo rechace. Los colores pueden deberse a diferentes compuestos, algunos de los cuales se producen durante su manejo y almacenamiento, aunque en la mayoría de los casos son resultado de la presencia de las sustancias pigmentantes que contiene o que se les añade (Badui, 2013).

El color característico de la pulpa de la Pitaya se debe a la presencia de betalaínas, pigmentos vegetales hidrosolubles, que se caracterizan del resto por contener nitrógeno en su

estructura, las betalainas son comúnmente extraídas de plantas y frutas por métodos de extracción sólido-líquido, empleando solventes (Gil, 2019).

De acuerdo a Mandujano (2006), las cactáceas constituyen una fuente importante de colorantes con aplicaciones principalmente en las industrias alimenticias, de los diversos frutos de las cactáceas se extraen algunos pigmentos betaciánicos, utilizados como colorantes de alimentos bebidas refrescantes. Hasta el momento se han identificado en la naturaleza más de 50 betalainas, cifra que aumenta constantemente (García *et al.*, 2011)

#### **3.4.6 Distribución y producción de la pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*)**

Las pitaya son originarias del continente americano de acuerdo con su distribución actual, es en México, donde existe mayor número de especies, principalmente en zonas semiáridas, el género *Stenocereus* al cual pertenece la pitaya, se distribuye desde Arizona, México, Guatemala, Nicaragua, Honduras, el Salvador, Costa Rica hasta el Norte de Colombia y Venezuela. Pero su mayor distribución, abundancia y diversidad se concentra en México por poseer las condiciones óptimas para el cultivo y crecimiento del fruto, principalmente el clima, tipo de suelo y la altitud. Se identifican dos grandes regiones productoras que son: la subcuenta de Sayula y la Mixteca. La primera incluye los estados de Jalisco, Zacatecas, Guanajuato, Michoacán y Querétaro, con una superficie de 1,000 ha siendo la principal especie *S. queretaroensis*.

La segunda región se ubica en la Mixteca, principalmente en los estados de Oaxaca y Puebla, siendo la principal especie *S. griseus* (Santa cruz *et al.*, 2009).

### 3.4.7 Producción estatal de pitaya

Durante el año 2019 se obtuvo un total de producción de pitaya a nivel estatal de 5,807.04 toneladas anuales. En la tabla 3 se presentan los diferentes estados productores de pitaya, la superficie de siembra y cosecha así como su producción y rendimiento; se destaca que Oaxaca, Puebla y Nayarit en el año 2019 presentaron una mayor producción con 1,238.10, 625.3 y 142.55 toneladas anuales en comparación con los otros estados, además Puebla es el estado que del total de la superficie sembrada cosecha un 96.5% ; por otra parte aunque Nayarit y Morelos presentan un rendimiento alto el total de producción es bajo en comparación con Oaxaca y Puebla, el rendimiento de los estados se relaciona con el total de Producción y la superficie cosechada, un mayor rendimiento indica una mejor calidad de tierra.

Tabla 3.

*Superficies cultivadas de pitaya en los principales estados productores*

<b>Entidad</b>	<b>Superficie sembrada (ha)</b>	<b>Superficie cosechada (ha)</b>	<b>Producción (ton)</b>	<b>Rendimiento (udm/ha)</b>
Baja California Sur	36	0	0	0
Colima	2.5	2.5	8.18	3.27
Michoacán	7	7	26	3.71
Morelos	16	14	85.4	6.1
Nayarit	27.5	21.5	142.55	6.63
Oaxaca	1,106.00	892.5	1,238.10	1.39
Puebla	172	166	625.3	3.77
<b>Total</b>	<b>1,922.59</b>	<b>1,556.86</b>	<b>5,807.04</b>	<b>3.73</b>

Fuente: SIAP. Servicio de Información Agrícola y Pesquera 2019.

### 3.4.8 Producción de pitaya en la región mixteca poblana

La Mixteca Poblana se localiza al sur del estado y representa una tercera parte de su extensión territorial, los principales municipios del estado de Puebla productores del fruto de pitaya de mayo en los que destacan San Jeronimo Xayacatlan, Tehuitzingo, Xayacatlan de Bravo, la Huerta, San Pedro Yeloixtlahuaca entre otros por poseer un clima más seco y tipo de suelos arenosos no húmedos que permiten el crecimiento del fruto.

Por otra parte en la tabla 2 se observa la producción de pitaya en diferentes municipios de Puebla, se destaca que los municipios de San Jeronimo Xayacatlan y Tehuitzingo presentan 9.00 y 14.00 ha de superficie de siembra y cosecha, en comparación con los demás, ambos municipios tienen una elevada producción con 36.36 y 56.98 t anuales respectivamente, las zonas de mayor producción son importantes para un mejor aprovechamiento de los frutos y obtener mejores oportunidades tanto en lo económico como en lo industrial.

Tabla 4.

*Producción de pitaya en algunos municipios de Puebla*

<b>Municipio</b>	<b>Superficie sembrada (ha)</b>	<b>Superficie cosechada (ha)</b>	<b>Rendimiento (t/ha)</b>	<b>Producción (t)</b>
San Jerónimo	9.00	9.00	4.04	36.36
Xayacatlán				
Tehuitzingo	14.00	14.00	4.07	56.98
Totoltepec de Guerrero	6.00	6.00	2.75	16.50
Xayacatlán de Bravo	5.00	5.00	4.08	20.40

Fuente: Estadísticas agrícolas de las unidades de riego 2016-2017

### **3.5 Pigmentos**

Una de las principales metas de la Industria de Alimentos es la producción de varios tipos de alimentos, con apariencia cada vez más atractiva. Para cumplir con dicha finalidad, es necesario el empleo de aditivos. Los Aditivos son usados para reponer el valor nutritivo y las características sensoriales perdidas durante el procesamiento y garantizar las características de los alimentos durante la fase de almacenamiento, la adición de colorantes tiene tres finalidades, constituir la pérdida de color durante la fase de procesamiento, uniformizar los alimentos, cuyas materias primas presentan variación de color y mantener el color durante la fase de almacenamiento y su comercialización, los colorantes se dividen en dos grandes grupos uno Colorantes Artificiales y dos Colorantes Naturales ( Catillo & Ramírez 2006).

#### **3.5.1 Pigmentos sintéticos**

Son aquellos colorantes obtenidos mediante un proceso químico industrial y existen una gran cantidad de ellos, sin embargo solo unos están aprobados para su uso en alimentos en relación con la toxicidad o inocuidad de cada uno de ellos, ejemplos de estos compuestos son la tartracina, el amarillo anaranjado s, azul plateado V, el rojo número 40, Amarillo 6, azul número 1 e indigo carmín (Mandujano, 2016).

Aceituno (2010) menciona que los colorantes artificiales son más fáciles de usar que los naturales, son más resistentes a los tratamientos térmicos, son estables en amplios intervalos de pH y casi no se degradan con la luz, sin embargo la mayor desventaja de los colorantes artificiales respecto a los naturales es el riesgo que presenta a la salud de los consumidores, además de proceder de reacciones sintéticas, son menos degradables que los naturales.

Tabla 5.

*Ejemplos de colorantes sintéticos*

Nombre	Sinónimo	Sistema internacional de numeración
Amarillo crepúsculo	Amarillo ocaso, amarillo naranja S	110
Amarillo de quinoleína	-----	104
Tartrazina	-----	102
Azul brillante	-----	133
Azul patentado V	-----	131
Indigota	Indigo carmín	132
Azorrubina	Carmoisina	122
Ponceau 4R	Rojo de cochinilla	124
Allura red AC	Rojo 40	129
Café HT	-----	156
Negro brillante BN	-----	151
Verde FCF	FCF	143

Fuente: Reglamento Nacional Sanitario de los Alimentos.

### 3.5.2 Pigmentos naturales

Un colorante natural son pigmentos coloreados obtenidos de materia prima principalmente de origen animal y vegetal, aunque también puede ser de origen mineral, a la vez se consideran naturales los colorantes obtenidos de materiales biológicos, como algunos insectos e incluso los que se forman al calentar o someter a tratamiento térmico un alimento, como el caramelo (Castillo & Ramírez 2006). Los colorantes naturales presentan alta compatibilidad con los sistemas vitales a diferencia de muchos colorantes sintéticos que se acumulan y alteran el metabolismo, los colorantes naturales no afectan la salud y son biodegradables (Aceituno, 2010). En la tabla 6 se muestra la clasificación de los colorantes naturales de acuerdo a su naturaleza química y su color predominante de los cuales la clorofila, carotenoides,

flavonoides, antocianinas y betalainas comprende un rango de investigación de mayor importancia por presentarse con mayor facilidad en la naturaleza.

Tabla 6.

*Clasificación de los colorantes naturales*

<b>Color Predominante</b>	<b>Naturaleza Química</b>	<b>Ejemplos</b>
Azul-Verde	Tetrapirroleo	Ficobilinas
Verde		Clorofila
Amarillo-Anaranjado	Carotenoides	Carotenoides
Blanco-Crema	Flavonoides	Flavonas
Amarillo-Blanco		Flavonoles
Amarillo		Chalconas
Amarillo		Auronas
Rojo-Azul		Antocianinas
Amarillo	Xantonas	Xantonas
Rojo-Azul-Verde	Quinonas	Naftoquinonas
Azul-Rosado	Derivados Indigoides e	Indigo
Amarillo-Rojo	Indoles	Betalaínas
Blanco-Amarillo	Pirimidinas Sustituidas	Pterinas
Amarillo		Flavinas
Amarillo-Rojo		Fenoxanizinas
Amarillo-Púrpura		Fenazinas

Fuente: (Castillo & Ramírez 2006).

### 3.6 Betalainas

El termino betalainas describe a dos grupos de pigmentos, muy solubles en agua, estos son, las betacianinas de color rojo violeta ( $\lambda_{max} = 540 \text{ nm}$ ) y las betaxantinas de color amarillo ( $\lambda_{max} = 480 \text{ nm}$ ) (Huaman, 2014). Formada por la condensación de una amida primaria o secundaria como el triptófano y un aldehído llamado ácido betalámico. El color de las betalainas se atribuye a sus estructuras en resonancia: si R o R' no proyecta la resonancia, el compuesto es amarillo y se denomina betaxantinas; si R o R' proyectan resonancia, el compuesto es rojo y se llaman betacianinas (Benites, 2015).

De las fuentes de betalainas, solo el betabel, el amaranto y las frutas de cactáceas (tunas rojas, pitaya, garambullo, jiotilla) son productos alimentarios. Dado que existen restricciones legales relacionadas con el uso de colorantes rojos sintéticos, se ha sugerido emplear a las betalainas en diversos alimentos; sin embargo, por las limitaciones en su estabilidad, su uso se restringe a alimentos como gelatinas, bebidas y postres en general, en los que el pigmento se concentra más fácilmente (Badui, 2013).

### **3.6.1 Propiedades de las betalainas**

Las betalainas son metabolitos beneficiosos para la salud ya que presentan efectos antioxidantes y anticarcinogénicos (Lee *et al.*, 2005), intervienen en la disminución de los triglicéridos, control de la glucemia y contribuyen a combatir la arteroesclerosis (Moreno *et al.*, 2007). Así mismo, resultan importantes en la contribución de la salud cardiovascular, ya que reducen la concentración de homocisteína, que puede ser perjudicial para los vasos sanguíneos (Latorre y col., 2010). Si se incorporan betalainas a la dieta, éstas pueden proteger a las células (Azeredo, 2009).

### **3.6.2 Estabilidad.**

La estabilidad de las betalainas es restringida, debido a que su color se altera por varios factores: pH, temperatura, actividad acuosa y luz; no se ha logrado la estabilización de estos pigmentos a través de acilación o sustitución de la molécula, aunque su estabilidad puede aumentar si se añaden antioxidantes como ácido ascórbico, BHT Y BHA. Las betaxantinas se degradan con mayor rapidez que las betacianinas, además que por su color amarillo las betacianinas u otros componentes presentes las disfraza (Badui, 2013).

### **3.6.3 Efecto del pH.**

El color permanece inalterado en un intervalo de pH de 3 a 7; por debajo de pH 3.0 el color cambia a violeta y su intensidad decrece. Arriba del pH 7.0, el color es más azulado debido a un efecto batocromico (Badui, 2013).

### **3.6.4 Efecto de la temperatura.**

Las betalainas son muy sensibles a la temperatura y su degradación como betanina y vulgaxantina-I sigue una reacción de primer orden en un intervalo de pH 3.0 a 7.0, en ausencia de oxígeno (Badui, 2013).

### **3.6.5 Efecto del oxígeno y luz**

Otro factor importante que contribuye a la degradación de las betalainas es la presencia de oxígeno en la que depende del pH. En ausencia de oxígeno, la estabilidad aumenta. El oxígeno molar se ha implicado como el agente activo de la degradación oxidativa de las betalainas. La oxidación de las betalainas se acelera en presencia de la luz. La presencia de antioxidantes mejora su estabilidad (Fennema, 2000).

### **3.6.6 Efecto de la actividad acuosa.**

Son estables en productos deshidratados con una actividad de agua menor a 5.0. Los tocoferoles y la vitamina C solo funcionan como antioxidantes de las betalainas a 1000 ppm (Badui, 2013).

### 3.6.7 Efecto de los cationes metálicos

Varios estudios han demostrado que los iones ferroso, férrico y cúprico promueven la decoloración del pigmento en productos de betabel. La adición de iones cúpricos a las betalainas en solución resulta una inmediata pérdida de color. Se determinó que la pérdida de color fue por la posible formación de complejos de betalainas con iones de cobre (Badui, 2006).

## 3.7 Clasificación de las betalainas

### 3.7.1 Betacianinas

Son pigmentos de color rojo-púrpura se consideran glucósidos, su principal componente es la Betanina. Absorben a una longitud de onda máxima de entre los 534 y 555 nm, son más estables que las betaxantinas. Todas las betacianinas pueden ser derivadas de dos núcleos básicos, la betanina y la isobetanidina, su naturaleza es altamente iónica por contener tres grupos carboxilo, además de un grupo fenólico. Generalmente representan del 75 al 95 % de las betalainas (Gil, 2019).

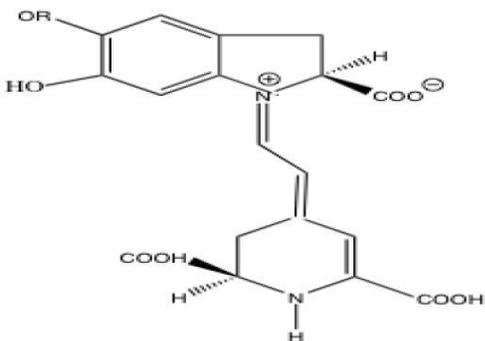


Figura 14. Estructura química de la betanina

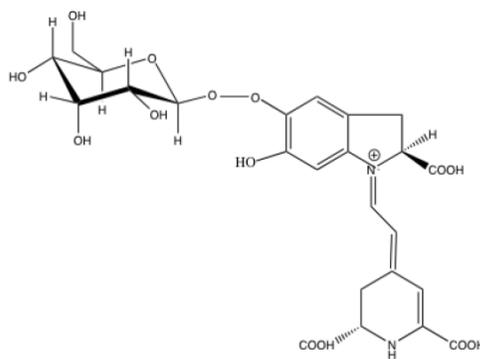


Figura 13. Estructura química de la isobetanina

### 3.7.2 Betaxantinas

Son pigmentos amarillos relacionados estructuralmente con las betacianinas, absorben a una longitud de onda máxima de 480 nm. El compuesto prototipo que representa la presencia natural de betaxantinas es la indicaxantina (Gil, 2019).

Además de poseer color, las betaxantinas muestran también fluorescencia: al ser expuestas a la luz, emiten radiación de una longitud de onda superior. La intensidad de esta fluorescencia depende del carácter «dador» o «aceptor» electrónico del sustituyente (R) del grupo amina o aminoácido que se halla unido al ácido betalámico. Cuanto mayor sea su carácter aceptor, cuanto más densidad electrónica «absorba» del sistema resonante, más intensa será la fluorescencia de la betaxantina (Gandía -Herrero *et al.*, 2007).

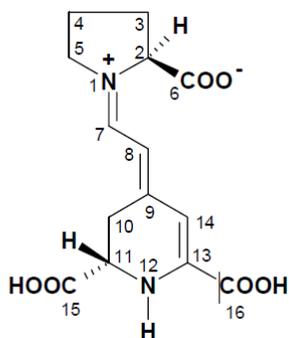


Figura 16. Indicaxantina

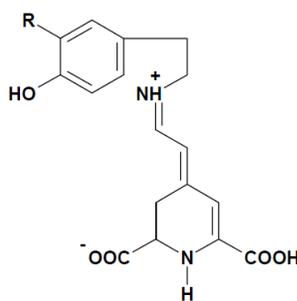


Figura 15. Betaxantinas

### 3.8 La espectroscopia de absorción.

La espectroscopia en la región ultravioleta-visible (UV-Vis) es una de las técnicas de laboratorio más comúnmente encontradas en el análisis de los alimentos. La radiación electromagnética en la porción UV-Vis del espectro se extiende, 200 hasta 700 nm. La región

UV va de 200 a 350 nm y la región vis, desde 350 hasta 700 nm. La región UV es incolora al ojo humano, mientras que las diferentes longitudes de onda en la región visible presentan cada una de ellas un color característico abarcando desde el violeta, en el extremo de las longitudes de onda cortas de espectro, hasta el rojo, en el extremo de las longitudes de onda largas del espectro (Nielsen, 2009).

La absorción de radiación ultravioleta o visible proviene de la excitación de los electrones enlazantes en una molécula dada es por tanto valiosa para la identificación de los grupos funcionales de una molécula. Por lo general la espectroscopia de absorción ultravioleta y visible se usa para la determinación cuantitativa de compuestos que contienen grupos absorbentes o también llamados cromóforos por lo que realmente la técnica se llama espectrometría UV/Vis, el principio de funcionamiento de esta espectroscopia se basa en la excitación de los modos de vibración y rotación de los enlaces entre los átomos de los grupos funcionales de una molécula al ser irradiados con un haz de luz infrarroja (García, 2015).

Tabla 7.

*El espectro de la radiación visible*

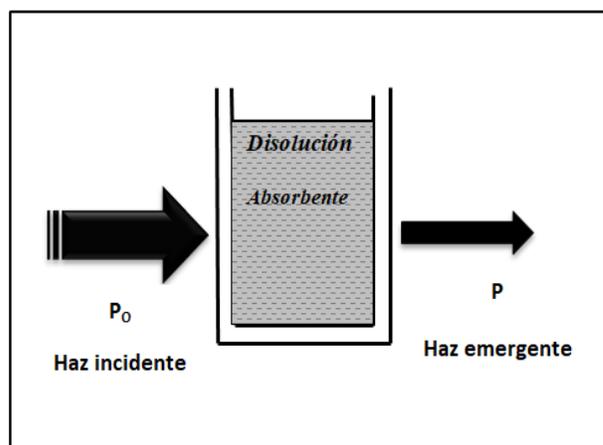
Longitud de onda (nm)	Color	Matiz complementario
< 380	Ultravioleta	
380-420	Violeta	Amarillo-verde
420-440	Violeta-azul	Amarillo
440-470	Azul	Naranja
470-500	Azul-verde	Rojo
500-520	Verde	Purpura
520-550	Amarillo-verde	Violeta
550-580	Amarillo	Violeta-azul
580-620	Naranja	Azul
620-680	Rojo	Azul-verde
680-780	Purpura	Verde
>780	Infrarrojo cercano	

Fuente: Nielsen, 2009

### **3.9. La instrumentación.**

Los aparatos diseñados para la medición de absorción o emisión de radiación electromagnética en función de la longitud de onda el espectrómetro es un instrumento con un sistema monocromador con el que se llevan a cabo mediciones de un intervalo espectral. La cantidad detectada está en función del poder de radiación. Utilizan rejillas difractoras o prismas para dispersar la luz. Para realizar un análisis eficiente se requiere de un buen manejo de la muestra, para las regiones de ultravioleta visible usualmente se manejan muestras en fase líquida (soluciones), las muestra en estado líquido deben manejarse en forma de soluciones debido a que en las regiones ultravioleta y visible el porcentaje de transmitancia de los compuestos a los que se les pueden determinar espectros deben quedar dentro de 20 y 65% porque a valores fuera de este rango existe mucha incertidumbre. Es preferible para

compuestos cuyas absorciones molares sean altas en su máximo de absorción, es recomendable manejar soluciones diluidas, ya que a concentraciones altas los compuestos dan porcentajes bajos de transmitancia (García, 2016).



*Figura 17.* La atenuación de un haz de radiación conforme atraviesa una cubeta que contiene una disolución absorbente

### 3.10 Las curvas

En la mayoría de los casos, es aconsejable hacer uso de curvas de calibración para las medidas cuantitativas. En el análisis de los alimentos, hay un gran número de ensayos empíricos para los cuales las curvas de calibrado son esenciales. La curva de calibrado se utiliza para establecer la relación entre la concentración del analito y la absorbancia. Esta relación es establecida experimentalmente a través del análisis de una serie de muestras de concentración del analito conocido. Lo mejor es preparar las disoluciones patrones con los mismos reactivos y al mismo tiempo que la muestra incógnita. El rango de concentraciones abarcado por las disoluciones patrones debe incluir aquella esperada para la incógnita (Nielsen, 2009).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Localización del lugar de investigación

El presente trabajo fue realizado en el Laboratorio Básico Multifuncional de la Carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias del Instituto Tecnológico Superior de Acatlán de Osorio Puebla, ubicado en Carretera Acatlán-San Juan Ixcaquixtla, km 5.5 Unidad Tecnología, C.P 74940. Con coordenadas geográficas 18°13' 28" LN y 98° 02' 19" LW, a 1211 msnm, con una temperatura media de 24.2° C y clima seco, semiárido con lluvias en verano.

### 4.2 Materia vegetal

Los frutos de pitaya de Mayo (*Stenocereus griseus*) que se utilizaron para desarrollar el presente proyecto fueron recolectados en huertas ubicadas en la comunidad de la Huerta y en el municipio de Xayacatlan de Bravo, ambas localidades pertenecen a la región Mixteca Poblana. Los frutos fueron transportados en cubetas de plástico con capacidad de 18 L y conservados en refrigeración hasta su procesamiento. Para el análisis experimental se utilizaron frutos que presentaban una coloración amarilla (madurez óptima) y de tamaños similares con un diámetro ecuatorial y peso promedio de 6 cm y 206 g, respectivamente; las espinas fueron retiradas con un cuchillo. Frutos que no alcanzaron el diámetro ecuatorial y peso promedio, con daño físico y en estado de descomposición fueron descartados.

### 4.3 Evaluación fisicoquímica del Fruto

La evaluación fisicoquímica consistió en determinar el peso del fruto, cascara y pulpa, medir el diámetro ecuatorial y polar, además de estimar los valores de pH, acidez titulable y °Brix.

#### **4.3.1 Peso del fruto**

El peso del fruto procedentes de las dos localidades bajo estudio, se determinó de manera individual utilizando una báscula digital marca OHAUS modelo SPX2201, los valores fueron concentrados en una base de datos del programa Excel.

#### **4.3.2 Diámetro Ecuatorial**

A cada uno de los frutos de ambas localidades se le determinó el diámetro ecuatorial, que consistió en medir con un vernier (marca Foy graduado en milímetros) el contorno transversal del fruto, los valores fueron almacenados en una base de datos del programa Excel.

#### **4.3.3 Diámetro polar**

El diámetro polar consistió en medir desde la base hasta la punta de la fruta (vertical) con un vernier (marca Foy graduado en milímetros), los valores fueron concentrados en una base de datos del programa Excel.

#### **4.3.4 Rendimiento de pulpa y cascara**

Para estimar el rendimiento de pulpa por fruta, se retiró la cascara utilizando un cuchillo asegurando que toda la pulpa se desprendió de la cascara, posteriormente tanto la pulpa como la cascara fueron pesados en una báscula digital marca OHAUS modelo SPX2201, los pesos fueron registrados en una base de datos del programa Excel. El rendimiento se determinó por diferencias de pesos.

### 4.3.5 pH

El valor del pH del fruto se determinó utilizando jugo extraído de la pulpa por prensado de forma manual y filtrado con manta de cielo; 10 ml de jugo fue colocado en un vaso de precipitado de 100 ml y se tomó lectura de pH con un potenciómetro marca J.T.BAKER, serie 6630 previamente calibrado con solución amortiguadora de pH 4 y 7. El análisis de pH se realizó por triplicado.

### 4.3.5 Acidez titulable

El porcentaje de acidez de la pitaya se determinó utilizando jugo extraído de la pulpa por prensado de forma manual y filtrado con manta de cielo; 10 ml de jugo fue colocado en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, se agregó 100 ml de agua destilada y 2 gotas de indicador fenolftaleína; enseguida se valoró con una solución de NaOH 0.1 N con agitación constante hasta observar un color rosa bajo. La valoración de acidez en la fruta se realizó por triplicado. El porcentaje de acidez titulable de la muestra, se estimó a través de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Acidez titulable} = \frac{(ml)(N)(PE)}{(pm)} \times 100$$

ml= Mililitros de gastados.

N= Normalidad de NaOH usada en la valoración (0.1N)

PE= Peso equivalente expresados en gramos de ácido gálico predominante de la fruta

pm= Peso de la muestra en gramos

#### **4.4 Evaluación bromatológica del fruto**

La bromatología analiza a profundidad una muestra de alimento para conocer su composición y nutrientes y posibles alteraciones, los resultados arrojan las cantidades de elementos nutricionales como lípidos, proteínas, minerales, agua, carbohidratos etc., quienes determinan la calidad nutricional del alimento y permiten proponer técnicas adecuadas para su conservación.

##### **4.4.1 Determinación de proteína.**

El contenido total de proteínas en la pitaya se determinó por el método de Kjeldahl, para esto se pesó 1 g de pulpa fresca y fue colocada en el matraz Kjeldahl, enseguida se agregó 1 g de sulfato de cobre pentahidratado, 10 g de sulfato de sodio y 20 ml de ácido sulfúrico concentrado, posteriormente se colocó en el digestor y se calentó hasta que toda la muestra fue carbonizada y que la disolución este completamente clara o coloración verde claro transparente; se dejó reposar hasta que la muestra se enfriara completamente y se agregó 400 ml de agua destilada para disolver completamente la muestra, 75 ml de NaOH al 40 % y unas gradillas de zinc, enseguida se sometió a proceso de destilación y se colocó un matraz Erlenmeyer de 500 ml que contenía 75 ml de ácido clorhídrico al 0.1 N y 3 gotas de indicador rojo de metilo para recolectar 325 ml del destilado, finalmente la muestra fue valorada con NaOH al 0.1 %.

El nitrógeno presente en la muestra expresado en por ciento, se estimó a través de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de Nitrógeno} = \frac{(V_2 - V_1) N * \text{meq}}{P. M.} \times 100$$

$$\% P = \% \text{ de Nitrogeno} * 6.25$$

$V_2$ = ml de NaOH gastados en el blanco

$V_1$ =ml de NaOH gastados en el problema

N= Normalidad de NaOH

meq= miliequivalentes de nitrógeno (0.014)

P.M.= peso de la muestra

P = proteína total

Factor para proteínas en general=6.25

#### **4.4.2 Determinación de humedad.**

El % de humedad de la muestra se determinó por el método de la termobalanza, el cual consistió en colocar 10 g de pulpa fresca en el platillo de la termobalanza previamente calibrada, enseguida la tapa fue cerrada y se procedió a deshidratar la muestra presionando el botón de inicio hasta que el equipo emita un sonido que indica que el contenido total de agua presente en la muestra ha sido eliminado y el valor obtenido es registrado como por ciento de humedad.

#### **4.4.3 Determinación de grasas.**

Para estimar la concentración de grasa presente en la pulpa del fruto se utilizó el método de Soxhlet, el cual consistió en pesar 4 g de muestra previamente deshidratada en papel filtro que fue colocada en un cartucho de extracción whatman para Soxhlet sellado con algodón, posteriormente el cartucho fue colocado dentro del tubo Soxhlet y se agregó 100 ml de éter de petróleo por la parte superior del equipo, se tapó con un poco de algodón. Inmediatamente después se enciende la parrilla de calentamiento y se dejó hervir por un periodo de ocho horas; terminada la extracción se recuperó el solvente e inmediatamente se retiró el matraz y se colocó en la estufa de secado por dos horas aproximadamente para eliminar totalmente el solvente, enseguida se colocó en el desecador por 30 min aproximadamente y finalmente el matraz se pesó en la báscula digital.

Para determinar el % de grasa en peso seco, se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de grasa en peso seco} = \frac{\text{peso de grasa en el matraz}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

#### **4.4.4 Determinación de fibra cruda.**

El contenido de fibra cruda presente en la muestra se determinó utilizando 2 g de pulpa de pitaya previamente desgrasada, esta fue colocada en un vaso Berzelius de 600 ml al que se le agregó 100 ml de ácido sulfúrico al 1.25 % hirviendo, a continuación se colocó en la placa de calentamiento y se sometió a ebullición durante 30 min, transcurrido el tiempo se retiró el matraz de la placa y se filtró la muestra utilizando una bomba de vacío además se hizo una serie de lavados con agua hirviendo hasta obtener un pH de 7, el residuo se transfirió

nuevamente al vaso de Berzelius y se agregó 100 ml de NaOH hirviendo, enseguida se colocó en la placa de calentamiento y se sometió a ebullición durante 30 min, transcurrido el tiempo se retiró el matraz de la placa y se filtró la muestra utilizando una bomba de vacío además se hizo una serie de lavados con agua hirviendo hasta obtener un pH de 7, el ultimo lavado se realizó con ácido sulfúrico al 1.25 %, tres porciones de 50 ml de agua y 25 ml de alcohol etílico, el papel filtro con la muestra se colocó en una capsula de porcelana y fue deshidratada a  $130 \pm 2$  °C durante dos horas en el horno de secado, posteriormente se dejó enfriar en el desecador por 30 min aproximadamente y se pesó; a continuación la muestra fue sometida a calcinación en la mufla a 600 °C durante 30 min y se dejó en la mufla hasta que se enfriara completamente ( 24 horas aproximadamente); finalmente se pesó en la balanza digital

Para determinar el porcentaje total de fibra cruda presente en la muestra se utilizó la ecuación siguiente.

$$\% \text{ de fibra cruda} = (Ps - Pp) - (Pc - Pcp) / M \times 100$$

Ps= masa en gramos del residuo seco a 130°C

Pp= masa en gramos del papel filtro

Pc= masa en gramo de las cenizas

Pcp= masa en gramos de las cenizas del papel

M= masa de la muestra en gramos

#### **4.4.5 Determinación de cenizas.**

Para determinar el porcentaje total de cenizas presente en la pitaya, las capsulas de porcelana se colocaron en la estufa de secado a 100 °C por 12 horas aproximadamente, para alcanzar peso constante enseguida se enfriaron en un desecador por 30 min y se pesaron en una balanza analítica marca OHAUS modelo SPX2201, posteriormente se pesaron 2g de pulpa

fresca en la cápsula de porcelana e inmediatamente después con ayuda de un mechero se incineró la muestra lentamente hasta que ya no desprendiera humos y a continuación se sometió a calcinación completa a 550 °C en una mufla por dos horas aproximadamente; transcurrido el tiempo se dejó la muestra en la mufla hasta que se enfriara completamente ( 24 horas aproximadamente); finalmente se pesó en la balanza digital.

Para determinar el porcentaje total de cenizas se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ cenizas} = \text{peso de la cenizas} / \text{peso de la muestra} * 100$$

\* Primero para determinar el peso de las cenizas se resta el peso final – el peso inicial de la capsula.

#### **4.4.6 Determinación de carbohidratos**

El contenido de carbohidratos presentes en la muestra se determinó por diferencias de pesos; considerando como el 100 % de los compuestos presentes en la muestra menos la suma del porcentaje de humedad, proteína, grasa, cenizas y fibra cruda

### **4.5 Estimación de Betalaínas**

#### **4.5.1 Deshidratación de la pulpa**

Para estimar la concentración de betalainas, la pulpa fue deshidratada en un secador por convección (de charolas) marca ARESMA modelo DSH\_100, a una temperatura de 50°C hasta obtener un porcentaje de humedad de 1.52.

#### **4.5.2 Extracción de betalainas.**

La extracción de Betalainas se realizó por el método de maceración con agitación constante utilizando etanol como disolvente siguiendo el esquema experimental (Tabla 9), en una báscula digital marca OHAUS modelo SPX2201. Para esto, se pesaron 5 g de pulpa deshidratada y se colocaron en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, enseguida se agregó un volumen total de 50 ml del disolvente etanol-agua a la concentración indicada (40 %-60 %, 60 %-40 % y 80 %-20 %, respectivamente). Posteriormente, las muestras fueron sometidas a agitación constante utilizando una parrilla marca Velp scientific a diferentes tiempos (100, 120 y 140 minutos). Transcurrido el tiempo, el extracto se filtró utilizando papel filtro de poro medio en un embudo de vidrio, la muestra obtenida se guardó en frascos de vidrio color ámbar, se sellaron, etiquetaron y se almacenaron en refrigeración hasta su posterior análisis.

#### **4.6 Cuantificación de Betalainas**

##### **4.6.1 Calibración del espectrofotómetro UV/VIS**

La calibración del espectrofotómetro, se realizó con solución de permanganato de potasio ( $\text{KMnO}_4$ ) y dicromato de potasio de acuerdo al método descrito por Azcarate *et al.*, (2009).

##### **4.6.2 Solución de permanganato de potasio**

Se pesó 0.08g de permanganato de potasio en una báscula analítica marca OHAUS modelo AS200, y se mezcló con 15 mL de ácido sulfúrico en un vaso de precipitado de 100 mL, se traspasó cuidadosamente a un matraz volumétrico de 1000 mL, y se aforó con agua destilada. Según Azcarate *et al.*, (2009), esta solución tiene exactitud fotométrica de 1.348 ABS.

#### **4.6.3 Solución de dicromato de potasio.**

Se pesó 0.10 g de dicromato de potasio previamente puesto a peso constante en horno marca Felisa modelo FE\_242 a 105 °C por dos horas y se mezcló con 100ml de ácido sulfúrico al 0.005 M en un vaso de precipitado de 250 mL, la solución se traspasó a un matraz volumétrico de 1000 mL, y se aforó con la misma solución, ácido sulfúrico al 0.005 M. Según Azcarate *et al.*, (2009), esta solución tiene exactitud fotométrica de 0.18 ABS.

#### **4.6.4 Dilución de la muestra.**

Se prepararon 3 diluciones de 10, 25 y 50 % a partir del colorante obtenido de la pulpa del fruto, con un volumen de aforo de 10 mL en tubos de ensaye de acuerdo lo descrito por Córdoba (2014).

#### **4.6.5 Cuantificación de Betalaínas.**

La cuantificación de betalainas se realizó en un espectrofotómetro UV/VIS modelo VE-500V para cada localidad de acuerdo a los tiempos (100, 120 y 140 minutos) y concentraciones (40 %,60 % y 80 %) establecidas, se tomó lectura de absorbancia 538 nm para betacianinas y 483 nm para betaxantinas, de acuerdo a lo descrito por Castellanos y Yahia (2008), realizando por duplicado dicho análisis.

Los resultados obtenidos fueron capturados en el programa Excel utilizando la siguiente formula.

$$B\left(\frac{mg}{g}\right) = \frac{A * F * d * M * P * V * 1000}{E * P * L}$$

Dónde:

B = Contenido de betacianinas o betaxantina.

A = Absorbancia 538 nm para betacianinas y 483 nm para betaxantinas

FD = Factor de dilución.

PM = Peso molecular 550 (g/mol) betacianinas y 308 (g/mol) betaxantina.

V = Volumen del extracto (L)

$\epsilon$  = Coeficiente de extinción molar 60000 (mol.L/cm) para betacianinas y 48000 (mol.L/cm) para betaxantina

L = Anchura de la cubeta del espectrofotómetro (1 cm)

Posteriormente se determinó el contenido de betalainas totales en el fruto utilizando la siguiente formula.

Betalainas= betacianinas+betaxantinas

#### **4.7 Diseño experimental**

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar de un solo factor para determinar el efecto del lugar de procedencia de los frutos de pitaya sobre los parámetros físicos (peso de la fruta, cáscara, pulpa y diámetro ecuatorial), químicos ( $^{\circ}$ Brix, pH y acidez titulable), y bromatológicos (proteínas, cenizas, grasa, fibra, humedad y carbohidratos), como se muestra en la tabla 8.

Tabla 8.

*Esquema experimental para determinar el efecto del lugar de procedencia*

<b>Procedencia</b>	<b>Parámetros físicos</b>	<b>Parámetros químicos</b>	<b>Parámetros bromatológicos</b>
<b>La Huerta</b>	Peso fruta	Brix	Proteína
	Peso cascara	pH	Ceniza
<b>Xayacatlan de Bravo</b>	Peso pulpa	Acidez titulable	Grasa
	Diámetro ecuatorial		Fibra
	Diámetro polar		Humedad

En cambio, un diseño factorial con un arreglo de 3x3x2 fue utilizado para evaluar el efecto de la concentración de etanol (40, 60 y 80 %), tiempo de extracción (100,120 y 140 min) y procedencia de los frutos de pitaya (La Huerta y Xayacatlan de Bravo) sobre el contenido de betalainas; un total de 18 tratamientos por triplicado fueron evaluados. En la tabla 9, se platea el esquema del experimento.

Los datos fueron ajustados mediante el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + A_i B_j + A_i C_k + B_j C_k + A_i B_j C_k + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Observación del experimento (contenido de Betalainas)

$\mu$  = Media poblacional

$A_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del facto A (concentración de etanol 40, 60 y 80 %)

$B_j$  = Efecto del j-ésimo nivel del factor B (tiempo de extracción 100,120 y 140 min)

$C_k$  = Efecto del k-ésimo nivel del factor C (procedencia la Huerta y Xayacatlan de Bravo)

$A_i B_j$  = Efectos de las interacciones dobles en los niveles ij, ik, jk

$A_i C_k$  = Efectos de las interacciones dobles en los niveles ij, ik, jk

$B_j C_k$  = Efectos de las interacciones dobles en los niveles ij, ik, jk

$A_i B_j C_k$  = Efecto de interacción triple en la combinación ijk (Concentración, tiempo y procedencia)

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental

Tabla 9.

*Esquema factorial para estimar el efecto del lugar de procedencia, tiempo de extracción y concentración de etanol*

Tratamiento	Concentración	Tiempo	Procedencia
<b>T1</b>	40	100	La huerta
	40	100	La huerta
	40	100	La huerta
<b>T2</b>	40	120	La huerta
	40	120	La huerta
	40	120	La huerta
<b>T3</b>	40	140	La huerta
	40	140	La huerta
	40	140	La huerta
<b>T4</b>	60	100	La huerta

	60	100	La Huerta
	60	100	La huerta
<b>T5</b>	60	120	La huerta
	60	120	La huerta
	60	120	La huerta
<b>T6</b>	60	140	La huerta
	60	140	La huerta
	60	140	La huerta
<b>T7</b>	80	100	La huerta
	80	100	La huerta
	80	100	La huerta
<b>T8</b>	80	120	La huerta
	80	120	La huerta
	80	120	La huerta
<b>T9</b>	80	140	La huerta
	80	140	La huerta
	80	140	La huerta
<b>T10</b>	20	100	Xayacatlan
	20	100	Xayacatlan
	20	100	Xayacatlan
<b>T11</b>	20	120	Xayacatlan
	20	120	Xayacatlan
	20	120	Xayacatlan

<b>T12</b>	20	140	Xayacatlan
	20	140	Xayacatlan
	20	140	Xayacatlan
<b>T13</b>	30	100	Xayacatlan
	30	100	Xayacatlan
	30	100	Xayacatlan
<b>T14</b>	30	120	Xayacatlan
	30	120	Xayacatlan
	30	120	Xayacatlan
<b>T15</b>	30	140	Xayacatlan
	30	140	Xayacatlan
	30	140	Xayacatlan
<b>T16</b>	80	100	Xayacatlan
	80	100	Xayacatlan
	80	100	Xayacatlan
<b>T17</b>	80	120	Xayacatlan
	80	120	Xayacatlan
	80	120	Xayacatlan
<b>T18</b>	80	140	Xayacatlan
	80	140	Xayacatlan
	80	140	Xayacatlan

---

#### **4.7 Análisis estadístico.**

Para estimar el efecto de procedencia del fruto sobre los parámetros físicos (peso de fruta, cascara, pulpa, diámetro ecuatorial y diámetro polar), químicos (pH, Brix y acidez) y bromatológicos (proteínas, cenizas, fibra, humedad, grasa y carbohidratos), se realizó mediante un análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor, para cada uno de los efectos se realizó la comparación de medias por el método de Tukey. En cambio para estimar el efecto del lugar de procedencia, concentración de etanol y tiempo de extracción sobre el contenido de betalainas, se realizó mediante un análisis de varianza del diseño experimental del tipo factorial. Todos los análisis se realizaron en el paquete estadístico Minitab 19.0 y se consideró un valor de  $\alpha \leq$  de 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 5.1 Caracterización física del fruto de pitaya amarilla de Mayo (*Stenocereus griseus*).

#### 5.1.1. Efecto del lugar de procedencia sobre peso del fruto, cáscara y pulpa

Diferencia significativa entre diámetro ecuatorial ( $p= 0.016$ ), pesos del fruto ( $p= 0.023$ ) y pulpa ( $p=0.005$ ) fue encontrada debido a la procedencia del fruto; no así para el peso de la cáscara donde no se observó diferencia significativa ( $p= 0.524$ ).

Frutos procedentes de la localidad de la Huerta presentaron mayor peso (231 g) respecto a los de la localidad de Xayacatlán de Bravo (182.5 g), resultado similar fue observado con respecto al peso de la pulpa, mayor cantidad de pulpa fue encontrado en frutos de la localidad de la Huerta ( Figura 18). El efecto de la procedencia del fruto sobre el peso determinado en el presente trabajo, es similar a lo reportado por Bravo (2011), quienes indicaron que existe diferencias significativas entre pesos de los frutos *Stenocereus Proinosus* procedentes de cuatro localidades de la mixteca poblana (San Bernardo, Galeana, Xayacatlán y Amate), con un peso promedio de  $90.5 \pm 24.72$  siendo menor en comparación con el peso de los frutos obtenidos en el presente estudio. El peso del fruto (206.75 g) y cáscara (48.47 g) promedio registrado en nuestro estudio es mayor a lo reportado por Balderas (2017) en pitaya roja (*Stenocereus proinosus*) con un promedio de  $151.4 \pm 12.3$  g y  $31.3 \pm 2.24$  g para peso fruto y cáscara, respectivamente. Respecto al peso de la pulpa, frutos procedentes de la localidad de La Huerta presentaron mayor peso (183.5 g) respecto a los de la localidad de Xayacatlán (135.3 g).

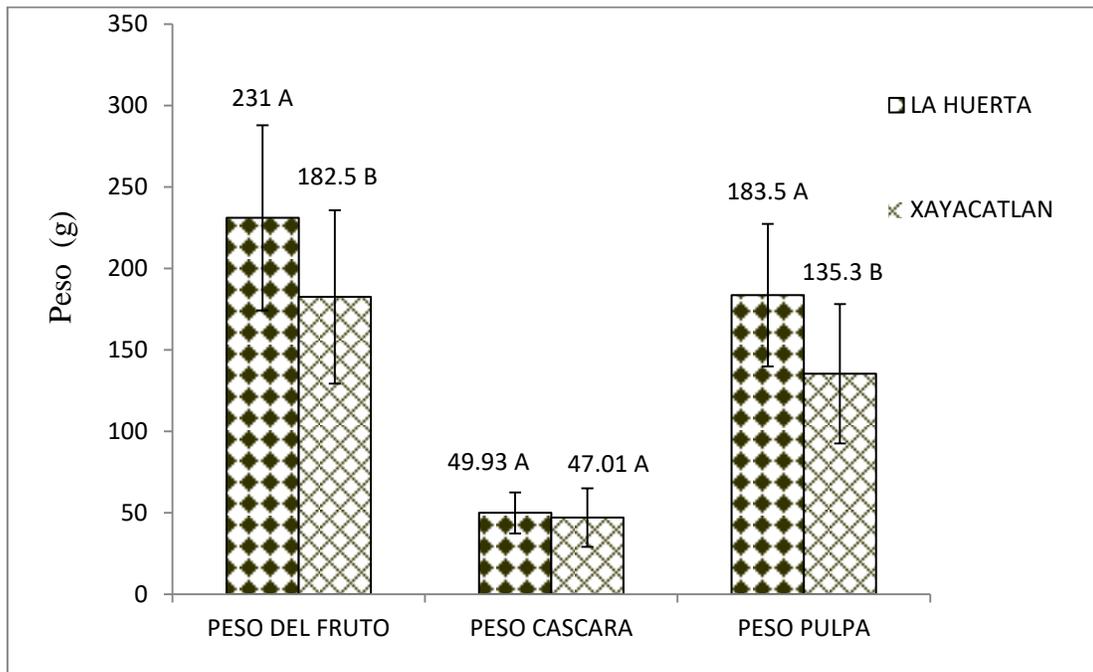


Figura 18. Comparación de medias de características físicas de la pitaya

### 5.1.2 Efecto del lugar de procedencia sobre diámetro ecuatorial y polar

Diferencia significativa fue encontrada en diámetro ecuatorial ( $P=0.016$ ) debido a la procedencia del fruto no así para el diámetro polar ( $P=0.245$ ). Frutos procedentes de la localidad de La Huerta presentaron mayor diámetro ecuatorial con un promedio de 6.573 cm respecto a los procedentes de Xayacatlán con 6.007 cm (Figura 19), estos resultados son inferiores a lo reportado por Balderas (2017), quien al estudiar frutos de pitaya roja, registró valores de  $7.4 \pm 0.97$  cm y  $7.7 \pm 0.44$  cm de para diámetro ecuatorial y polar, respectivamente.

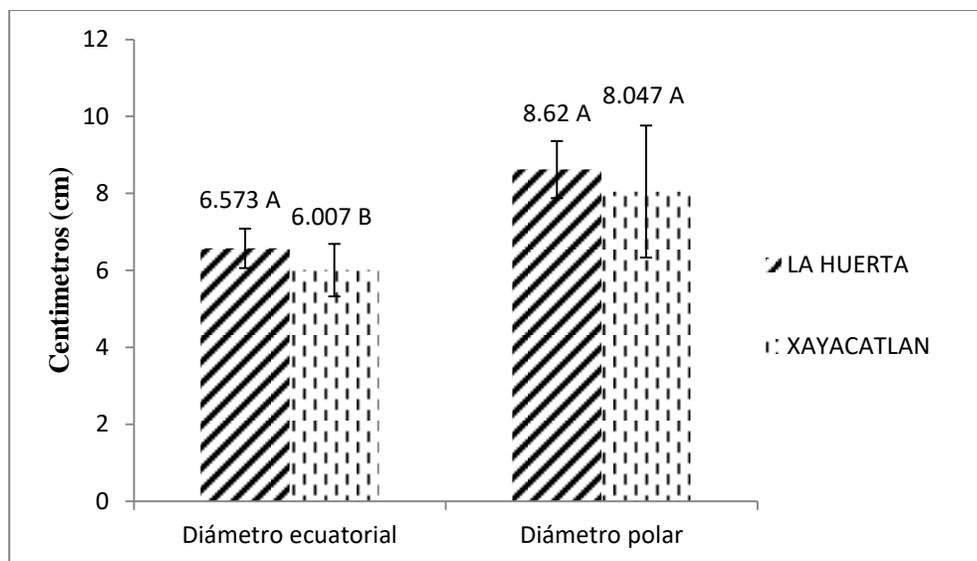


Figura 19. Comparación de medias de características físicas de la pitaya

## 5.2 Efecto del lugar de procedencia sobre parámetros químicos (pH, °Brix y acidez titulable)

El pH de los alimentos es la forma de medir de manera cuantitativa su nivel de acidez, su importancia radica en determinar qué tipo de microorganismos son capaces de crecer bajo esa condición que influyen en las propiedades sensoriales y nutricionales del alimento. Diferencia significativa fue encontrada en valores de pH ( $p=0.000$ ), no así para °Brix ( $p=1.000$ ) y acidez titulable (0.116)

La medición de pH indicó que frutos procedentes de la localidad de la Huerta presentaron mayor acidez un promedio de 6.207 con respecto a los frutos procedentes de la localidad de La Xayacatlan de 5.853 (Figura 20). Los resultados registrados en el presente estudio, difieren con lo reportado por Mercado y Granado (2002), citado por Ramírez (2017) quienes al determinar parámetros químicos en *Stenocereus griseus* de color amarilla reportaron una concentración promedio de sólidos solubles totales expresados en °Brix y acidez titulable de 9.1 y 0.50 %, respectivamente además de un valor de pH de 4.46, estos resultados son

inferiores a los determinados en el presente estudio. Otro estudio realizado en pitaya *Stenocereus griseus* amarilla por Ayala & Beltrán (2007), a diferencia de los °Brix (9.1 °Bx), el porcentaje de acidez y pH, fueron similares a lo determinado en el presente trabajo.

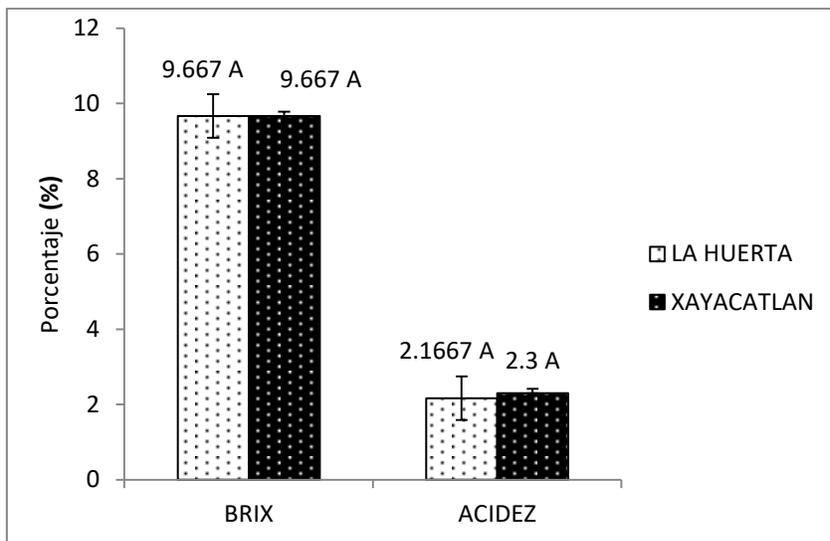


Figura 20. Comparación de medias de parámetros químicos de la pitaya

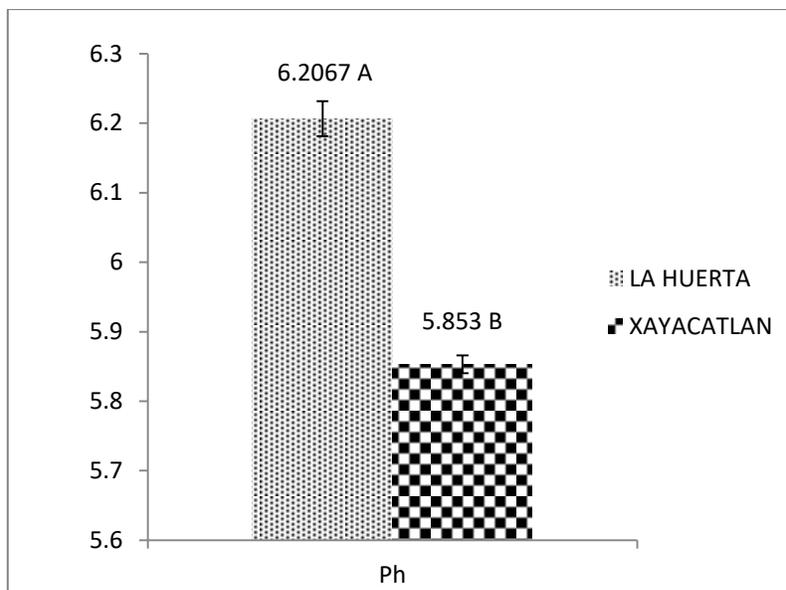


Figura 21. Comparación de medidas de parámetros químicos de la pitaya

### **5.3 Efecto del lugar de procedencia sobre parámetros bromatológicos.**

La bromatología analiza a profundidad una muestra de alimento para conocer su valor nutricional a través de la determinación de lípidos, proteínas, minerales, agua, carbohidratos, fibra cruda y humedad de alimento.

En la tabla 10 se muestra el efecto del lugar de procedencia del fruto (La Huerta y Xayacatlan de Bravo) sobre los parámetros bromatológicos. Diferencia significativa fue encontrada únicamente en % de Humedad ( $P= 0.020$ ), siendo frutos procedente de la localidad de Xayacatlan de Bravo presentaron mayor contenido en agua con  $85.2733\pm 0.0321$  % en promedio en comparación con los frutos procedentes de la localidad de La Huerta, quienes registraron un promedio de  $85.153\pm 0.0451$  %.

Los resultados bromatológicos determinados en el presente estudio, difieren con lo reportado por Lopez *et al* (2007), en pitayas de mayo *S. griseus* quienes indicaron que existe diferencia significativa entre los parámetros bromatológicos debido a la procedencia de los frutos tal como lo demuestran al estudiar frutos procedentes de dos localidades de la mixteca poblana; Zapotitlán Salinas y Santo Domingo Tonahuixtla; encontraron que frutos procedentes de la localidad de Zapotitlán Salinas presentaron mayor contenido en humedad, cenizas, y fibra cruda pero menor en proteínas (92.25% humedad, 1.63% cenizas, 2.29 % en fibra cruda y 1.24% en proteína) con respecto a frutos procedentes de la localidad de Santo Domingo Tonahuixtla ) y (82.07 % humedad, 0.792 % cenizas, 1.06 % de fibra cruda y 3.44 % en proteína). La variación de la calidad bromatológica no solo influye el lugar de procedencia sino también por las variedades en estos frutos, tal como demuestra Yáñez *et al.* (2001) al estudiar *Stenocereus griseus* de la variedad jarra quienes encontraron porcentajes de  $1.64\pm 0.04$

en proteínas,  $0.11 \pm 0.05$  de lípidos,  $4.37 \pm 0.15$  de fibra cruda,  $86.48 \pm 0.01$  de humedad y  $0.74 \pm 0.01$  en cenizas, comparados con la calidad bromatológica determinado en el presente estudio.

Tabla 10.

*Comparación de medias para parámetros bromatológicos de la pitaya*

Parámetros	Procedencia	
	La Huerta	Xayacatlan de Bravo
Humedad	$85.153 \pm 0.0451^B$	$85.2733 \pm 0.0321^A$
Lípidos	$0.99 \pm 0.1046^A$	$0.98 \pm 0.1562^A$
Fibra	$5.84 \pm 0.317^A$	$5.61 \pm 0.0608^A$
Proteína	$3.871 \pm 0.349^A$	$3.43 \pm 0.633^A$
Cenizas	$2.838 \pm 0.320^A$	$2.9633 \pm 0.1097^A$

#### **5.4 Concentración de betalainas debido al tiempo de extracción y procedencia de los frutos.**

La concentración de betalainas en el fruto se determinó por el método espectrofotométrico utilizando diluciones de betalainas al 10, 25 y 50 % de frutos procedentes de la localidad de la Huerta y Xayacatlan de Bravo. Diferencia significativa fue encontrada sobre la concentración de betalainas debido a la concentración de etanol y lugar de procedencia del fruto (Tabla 11).

El efecto de la concentración de etanol sobre el contenido de betalainas obtenidas en el presente trabajo determina que a una concentración al 40 % se obtiene mayor cantidad de betalainas en las tres diluciones espectrofotométricas predominando la del 50 % ( Figura 22), un estudio realizado por Nayhua (2017) determino para la extracción de colorante de cascara

de tuna purpura (*Opuntia ficus-indica*) una concentración de etanol del 75%, sin embargo obtuvo menor concentración de betalainas (27.7 mg/10g) a lo reportado en el presente análisis, por otra parte datos similares fueron registrados por Córdoba (2014) quien obtuvo mayor contenido de betalainas en el fruto pitahaya del género *Hylocereus undatus* a una dilución del 50 %.

Por otro lado la procedencia de los frutos de pitaya de mayo influye sobre el contenido total de Betalainas siendo los frutos procedentes de la localidad de la Huerta los que presentaron mayor concentración con 49.8302 mg/5g de muestra (Figura 23), los datos obtenidos son mayores a lo reportado por (García *et al* 2012) quienes obtuvieron un total de betalainas en pitaya roja (*Stenocereus griseus*) de 17.36 mg/5g, otro estudio realizado por Ayala & Beltrán (2007) determinaron un total de betalainas en pulpa de pitaya *griseus* de la variedad amarilla de 9.883mg/g con relación a los datos obtenidos en el presente trabajo son menores, Gil (2019), realizó la extracción de betalainas en frutos de pitaya *Stenocereus spp* quien reporto un contenido total de betalainas de  $47.197 \pm 11.2$  mg/100g , de acuerdo a los datos obtenidos son menores.

Tabla 11.

*Análisis de varianza de la concentración de etanol y lugar de procedencia del fruto sobre la concentración de betalainas*

<b>Factores</b>	<b>Dilución %</b>	<b>Valor de P</b>
Concentración de etanol	10	0.021
	25	0.000
	50	0.000
Tiempo de extracción	10	0.755
	25	0.788
	50	0.857
Procedencia del fruto	10	0.000
	25	0.000
	50	0.000

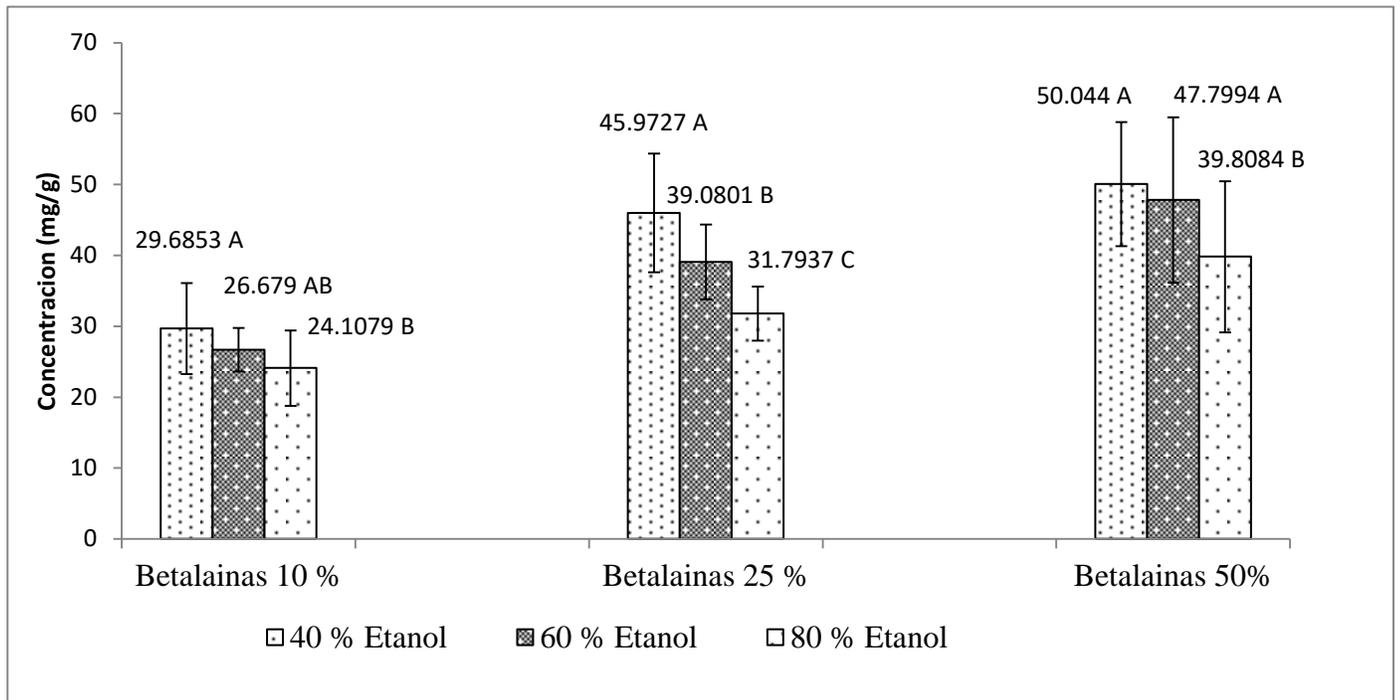


Figura 22. Comparación de medias sobre la concentración de etanol a la concentración de betalainas y dilución de betalainas

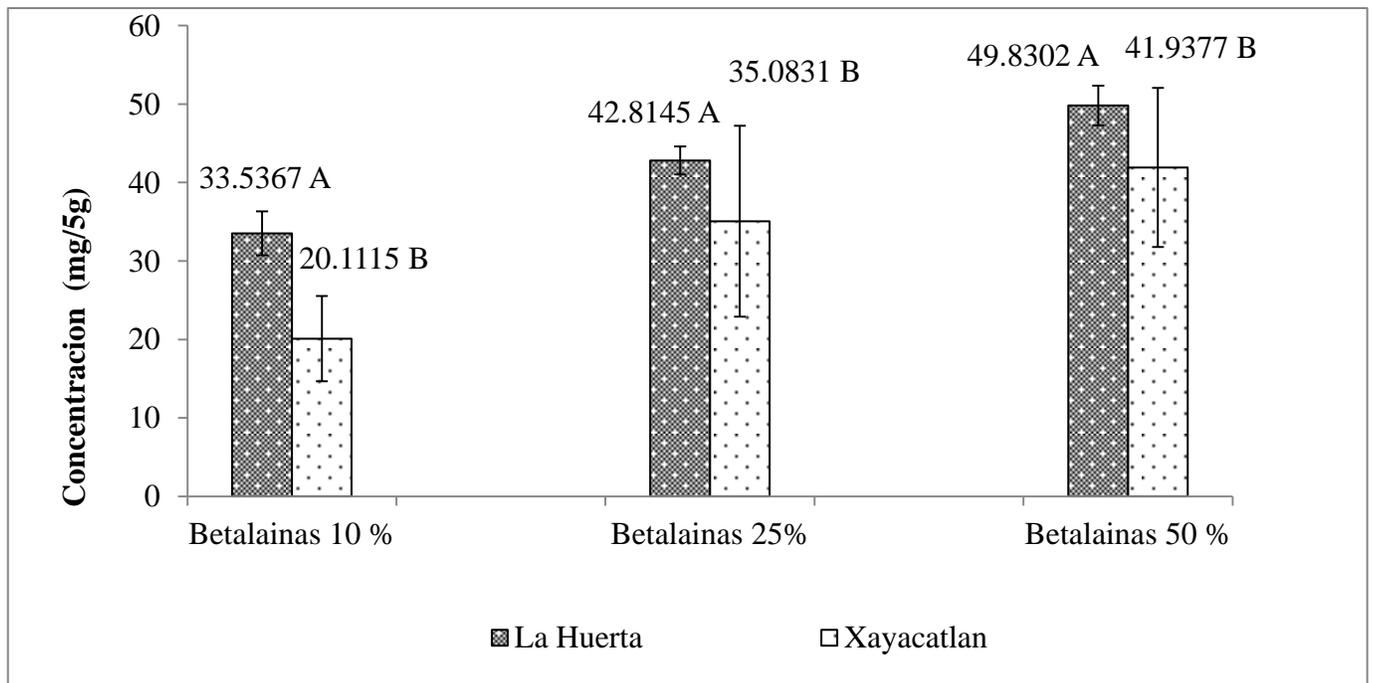


Figura 23. Comparación de medias sobre el lugar de procedencia del fruto debido a la concentración de betalainas totales

## CONCLUSIONES

La evaluación de los frutos de pitaya de mayo de la localidad de la Huerta y Xayacatlan de Bravo presentaron valores diferentes en cada uno de los parámetros físicos, químicos y bromatológicos, siendo la localidad de la Huerta quien sobresalió con frutos con mayor contenido de betalainas, de la misma manera se determinó de acuerdo al análisis de varianza y la prueba de comparación de medias por el método de Tukey una concentración óptima de Etanol-agua para la extracción de pigmento del 40 % y no encontrando diferencia significativa para la variable tiempo.

Por otra parte la cuantificación de colorante por el método de espectrofotometría UV-VIS resulto satisfactorio utilizando las longitudes de onda 538 para betacianinas y 483 para betaxantias, ya que los resultados mostraron un contenido de betalainas favorable para su posterior extracción como pigmento y aplicación en alimentos.

## RECOMENDACIONES

- El colorante extraído se sugiere guardarlo en frascos ámbar y mantenerlos en refrigeración hasta su posterior uso.
- se recomienda realizar la concentración del pigmento
- Evaluar las propiedades funcionales del colorante natural de pitaya en un alimento.

## BIBLIOGRAFÍAS

- Aceituno Melgar V.M. (2010). Propiedades de colorantes naturales secados con técnicas alternativas a nivel laboratorio como alternativa al FD&C rojo N°40 en alimentos. Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Arreola, H.J Y Terrazas T. (2003). Especies de *Stenocereus* con aréolas morenas: clave y descripciones. *Acta Botánica Mexicana*, 64:1-18.
- Ayala K & Beltrán Ma. D. (2007). Determinación e Identificación Parcial del Contenido de Pigmentos Betalaínas en la Pulpa de Cuatro Variedades de Pitaya *Stenocereus griseus* H. IX congreso de ciencia de los alimentos y v foro de ciencia y tecnología de alimentos.
- Azcarate M.P. & Kloster (2009). Guía para la verificación de espectrofotómetro UV-VISIBLE en el análisis de agua y suelo.
- Badui, S., (2013). *Química de los Alimentos*. México DF: PEARSON.
- Balderas G.V., Palafox G.L & Castro D.A., Saucedo V.C., (2016). Evaluación de las propiedades físicas y calidad organoléptica y nutricional de frutos de pitaya (*Stenocereus pruinosus*). *Revista Iberoamericana de Ciencias*. Vol. 3 No. 7.
- Balderas G.V., (2017). *Evaluación de la calidad física, sensorial, nutritiva, y nutracéutica de frutos de pitaya (Stenocereus pruinosus) cosechados en la región de Huitzil, Puebla*. (tesis de maestría). Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas.
- Bárcenas, A. P. & Jiménez, C. V. (2010). Pitayas y pitahayas (*Stenocereus* spp. e *Hylocereus* spp.), recursos agrícolas en el Valle de Tehuacán Puebla. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*, 10, 101-119.
- Benites Quilca H.P.(2014). Comparación de los solventes agua y etanol en la extracción de betalainas a partir de las brácteas de buganvilla ( *Bougainvillea Glabra* Ch.). Universidad Nacional del centro de Perú Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.
- Bonilla Bada, José Joaquín, & Martínez González, José Concepción (2005). Situación de la pitaya de mayo *Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxbaum en tres localidades de la Mixteca Baja. *Revista de Geografía Agrícola*, (34),75-90.[fecha de Consulta 9 de Septiembre de 2022].ISSN:0186-4394.Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75703406>

- Bravo A.D (2011). Relación entre la importancia cultural y atributos ecológicos en tres especies de cactáceas en la Mixteca Poblana. Universidad Autónoma Metropolitana.
- Castellanos S.M., & Yahia M. (2008). Identificación y cuantificación de betalaínas de los frutos de 10 cultivares de tuna mexicana mediante cromatografía líquida de alto rendimiento y espectrometría de masas de ionización por electropulverización. *J. Agric. Food Chem.* 2008, 56, 5758–5764.
- Castillo Membreño S.A & Ramírez González I.E. (2006). Ensayo preliminar para la obtención de colorantes naturales a partir de especies vegetales comestibles. Universidad del Salvador
- Córdoba Torrez M.J (2014). Obtención de un colorante orgánico para la industria alimentaria a partir del fruto pitahaya (*Hylocereus undatus*), en el laboratorio N° 107 del departamento de química de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-MANAGUA). Enero –Junio 2014.
- Estadísticas Agrícolas de las Unidades de riego año agrícola 2016-2017.
- Fennema, O. (2000) Química de los alimentos. Segunda edición. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
- Figuroa, Sumano AR Y Sanchez, Lopez O Y Santiago, Gomez MP, (2010) La pitaya (*Stenocereus Prinosus*) como alimento funcional cartel presentado en el VIII congreso del Norte y III Nacional de Ciencias Alimentarias y Biotecnología Hermosillo Sonora, 760-772 Noviembre.
- Flores Valdez C.A 2003 PITAYAS Y PITAHAYAS Producción, postcosecha, industrialización y comercialización. Universidad Autonoma de Chapingo.
- Gandía- Herrero M & Jiménez – Atienzar, (2007) Fluorescence detection of tyrosinase activity on dopamine-betaxanthin purified from *Portulaca oleracea* (common purslane) flowers
- García C.L., Salinas M.Y & Valle G.S. (2012). Betalaínas, compuestos fenólicos y actividad antioxidante en pitaya de mayo (*Stenocereus griseus* H.). *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 35 (Núm. Especial 5): 1 - 5, 2012.
- García C.F., Gandia H.F & Escribano J. (2011). Flores fluorescentes. Investigación y ciencia.

- García J.A. (2015). Síntesis en medio acuosa y orgánica de complejos de praseodimio con ligantes derivados de base de schiff quinólicos. Caracterización y estudio fisicoquímico. (Tesis de licenciatura). Tecnológico de estudios superiores San Felipe del progreso.
- García F.M. (2016). Apuntes para espectrometría de radiación ultravioleta visible (uv/vis). Recuperado de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/68318/secme-1814.pdf%3Fsequence%3Dy&ved=2ahUKEwiwiYr59OP6AhXKomoFHasUA7gQFnoECBMQA&usg=AOvVaw0bvksvEEgg8MJi8lvplpi>.
- Gonzales M.C. (2012). Diseño y construcción de una herramienta para el corte de la pitaya (*Stenocereus pruinosus*). (Tesis de licenciatura). Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- González C.I. (2006). Desarrollo y aplicación de procesos tecnológicos para la elaboración de conservas a base de pitaya (*Stenocereus* spp.) de la región Mixteca. (Tesis de licenciatura). Universidad Tecnológica de la mixteca.
- Gil Escamilla J.O. (2019). Desarrollo de una golosina funcional adicionada con extracto de betalainas de pitaya (*Stenocereus* spp.). Universidad Autónoma del estado de México.
- Huaman Congora L.A. (2014). Evaluación del tipo de solvente en el rendimiento durante la extracción de colorante natural de la cascara de tuna morada (*opuntia ficus*). Universidad Nacional del centro de Perú Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.
- Luna Morales C. (2007). Ordenación y clasificación morfológica del fruto de cultivares mixtecos de pitaya (*Stenocereus pruinosus*) en México. *Agrociencia*. Vol. XI N° 2 pág. 10 – 16.
- Luna, C., Aguirre, J. R. & Peña, C.B. (2001). Cultivares tradicionales mixtecos de *Stenocereus pruinosus* y *S. stellatus* (Cactaceae) [Versión Electrónica]. *Anales del instituto de Biología*. Universidad Autónoma de México. Serie Botánica. 72 (2), 131-155.
- Luna-Morales, C. & Aguirre, J. R. (2001). Clasificación tradicional, aprovechamiento y distribución ecológica de la pitaya mixteca en México. *Interciencia*, 26, 18-24.
- Lopez R.M., Oregón Silva M.J., Lopez Vigil M.S., Santos A.H., Cruz P.E. (2007). Aprovechamiento de productos de valor agregado a partir de *Stenocereus griseus* (pitaya de Mayo) en la Mixteca Poblana. *Coloquios de investigación multidisciplinaria* 7 (1) 244-251.

- Mandujano R.R (2006). Estudio preliminar de los pigmentos presentes en cáscara de pitaya (*Stenocereus stellatus*) de la región Mixteca. (Tesis de licenciatura).Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- Margarito L., Soriano R.R & Rodríguez L.G. (2019). Evaluación nutritiva de bloques multinutricionales elaborados con frutos de pitaya *stenocereus griseus* y xoconostle *s. stellatus*, en sustitución de melaza de caña de azúcar. Revista Mexicana de Agroecosistemas. Vol. 6 (Suplemento 2). ISSN: 2007-9559.
- Martinez,G,JC.1993. Características de tipos de pitaya *Stenocereus griseus* Haworth en la Mixteca. Tesis.UACH.Mexico.
- Martínez González, José Concepción, & Bonilla Bada, José Joaquín (2005). Situación de la pitaya de mayo *Stenocereus pruinosus* (Otto) Buxbaum en tres localidades de la Mixteca Baja. Revista de Geografía Agrícola, (34),75-90.[fecha de Consulta 20 de Julio de 2022]. ISSN: 0186-4394. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=75703406>.
- Montijo B.S., Reyes O.A Y Sánchez S.B (2016). Fenología reproductiva de *Stenocereus thurberi* (Cactácea) en una región de transición del Norte de Sinaloa. Gayana Bot, 73(2):381-390.
- Nayhua Yana C.M. (2017). Obtención de colorante natural a partir de la cascara de tuna purpura (*Opuntia ficus-indica*) por el método de extracción solido-líquido para su aplicación en la industria de alimentos, frutos provenientes de San Cristóbal-Moquegua. Universidad Nacional del Antiplano, escuela profesional de Ingeniería Química.
- Nielsen, S., (2003). Análisis de los alimentos. New York U.S.A: ACRIBIA.
- Olvera. M.J.A. (2001). La pitaya *Stenocereus griseus* Hawork y *Stenocereus Stellatus* Pfeiffer) una alternativa productiva en la Mixteca baja Oaxaqueña. Tesis. UACH. México.
- Pliego Ortiz A.D (2009). Características generales de la pitaya (*Stenocereus Stellatus*) en México. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México: Universidad Autónoma Agraria.
- Ramírez M.E (2017). *Propiedades funcionales de hoy*. Recuperado de Propiedades funcionales de hoy - Google Libros.
- Reglamento sanitario de los alimentos.DTO.Nº977/96.Publicado en el diario oficial13.05.97

- Rosales Bustamante E.P., Luna Morales & Cruz León A., (2009). Clasificación y selección tradicional de pitaya (*Stenocereus pruinosus* (Otto) buxb.) en Tianguistengo, Oaxaca y variación morfológica de cultivares. *Revista Chapingo serie horticultura* 15(1):75-82.
- Sánchez Cortés H. (2010). El cultivo de la pitaya de Agosto (*Stenocereus stellatus*) en los municipios de Tlaxiataquilla y Xochihuehuetlán, GRO. Instituto de enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas.
- Sanchez Lopez. O., Salazar Govea A.Y., Santiago Gomez M.P & Ramírez Andrade J. (2012). Caracterización fisicoquímica de la pitaya. Universidad Tecnológica de la Mixteca.
- Sánchez Trujano J. (2006). Aclareo de frutos de pitaya (*stenocereus griseus*) en la región mixteca baja oaxaqueña. Universidad Autónoma Metropolitana pertenece al Padrón de Postgrados de Excelencia del CONACYT”.
- Santacruz V.C., Santacruz V.V & Huerta E.V., ( 2009). Agroindustrialización de pitaya. Editorial Universal.
- Vaillant F., Perez A., Davila I & Dornier M., Reynes M (2005). Colorant and antioxidant properties of red-purple pitahaya (*Hylocereus* sp.). *Fruits*, EDP Sciences/CIRAD, 2005, 60 (1), pp.3-12. 10.1051/fruits: 2005007. Hal-02046630. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/232018465\\_Colorant\\_and\\_antioxidant\\_properties\\_of\\_red-purple\\_pitahaya\\_Hylocereus\\_sp](https://www.researchgate.net/publication/232018465_Colorant_and_antioxidant_properties_of_red-purple_pitahaya_Hylocereus_sp).
- Vázquez, C. S., Vázquez, V. S. & Espinosa, V. M. H. (2009). Agroindustrialización de pitaya. Cuba: Editorial Universitaria.
- Vega D.M. (2016). Determinación de capacidad antioxidante de la fracción 1-4 de extracto metanólico del fruto de pitaya (roja) *Stenocereus griseus* H. Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas.
- Yáñez L.L., Ramírez R.G., Soriano S.G., Sanchez Díaz L.D & Armella V.M.( 2001). Características fisiológicas y bromatológicas de la pitaya de mayo (*Stenocereus griseus*) en la Mixteca Oaxaqueña. División de Ciencias Biológicas y de la salud. Universidad Autónoma Metropolitana –Iztapalapa

<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

## APENDICES

**Apéndice 1.** Análisis físico de pitaya (*Stenocereus griseus*) de la localidad de la Huerta

N° de muestra	Peso pitaya entera (g)	Peso de cascara (g)	Peso de la pulpa (g)	Porcentaje de cascara
1	192.2	36.8	155.4	19.13
2	235.2	54.8	180.4	23.30
3	253.9	58.6	195.3	23.08
4	238.9	55.5	183.4	23.23
5	220.4	47.4	173	21.51
6	238.3	58.4	179.9	24.51
7	281.6	54.5	227.1	19.35
8	222.2	48.3	173.9	21.74
9	212.1	44.9	167.2	21.17
10	186.6	37.3	149.3	19.99
11	388.9	82.7	306.2	21.26
12	131.1	28.6	102.5	21.81
13	261.3	53.8	207.5	20.59
14	213.6	42.4	171.2	19.85
15	225.1	44.9	180.2	19.95
<b>Promedio</b>	<b>233.42</b>	<b>49.92</b>	<b>183.5</b>	<b>21.36</b>

## Apéndice 2.

Análisis físico de pitaya (*Stenocereus griseus*) de la localidad de Xayacatlan

N° de muestra	Peso pitaya entera (g)	Peso de cascara (g)	Peso de la pulpa (g)	Representación de la cascara (%)
1	188	35.2	152.8	18.72
2	222.8	54.5	168.3	24.46
3	143.1	44.0	99.1	30.75
4	246.4	65.8	180.6	26.70
5	166.9	41.8	125.1	25.04
6	112.3	28.3	84.0	25.20
7	103.2	36.6	66.6	35.47
8	130.5	39.9	90.6	30.57
9	122.4	36.1	86.3	29.49
10	283.6	66.9	216.7	23.59
11	217.2	62.8	154.4	28.91
12	190.9	45.6	145.3	23.89
13	174.1	37.7	136.4	21.65
14	199.3	53.3	146	26.74
15	234.4	56.6	177.8	24.15
<b>Promedio</b>	<b>182.34</b>	<b>47.01</b>	<b>135.33</b>	<b>26.36</b>

### Apéndice 3.

Diámetros de pitaya (*Stenocereus griseus*) de la localidad de la Huerta

<b>N° de muestra</b>	<b>Diámetro ecuatorial (cm)</b>	<b>Diámetro polar (cm)</b>
1	6.4	7.9
2	6.7	8.8
3	6.8	8.6
4	6.6	9.4
5	6.5	8.6
6	6.7	8.8
7	6.9	9.4
8	6.6	8.7
9	6.4	8.4
10	6.2	7.9
11	7.9	10.3
12	5.4	7.2
13	6.7	8.9
14	6.2	8.2
15	6.6	8.2
<b>Promedio</b>	<b>6.57</b>	<b>8.62</b>

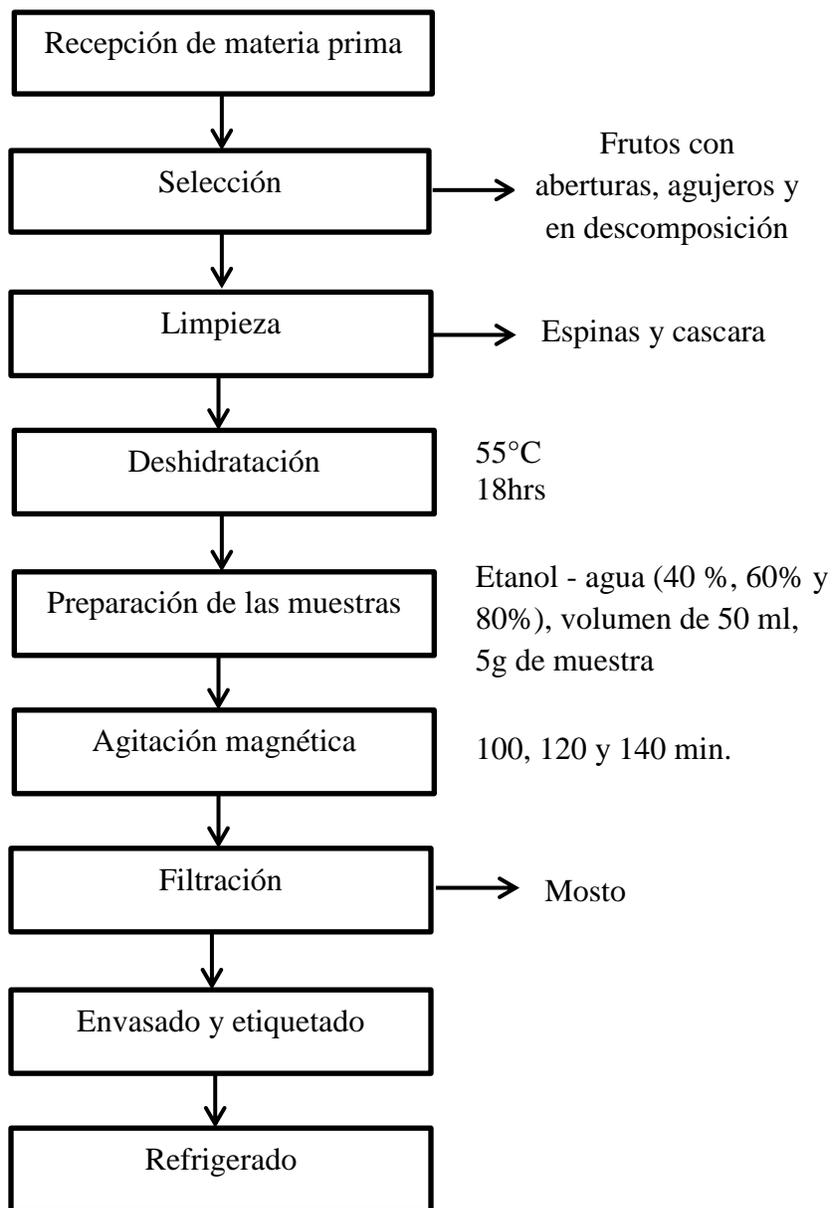
#### Apéndice 4.

Diámetros de pitaya amarilla (*Stenocereus pruinosus*) de la localidad de San Jeronimo

Xayacatlan

<b>N° de muestra</b>	<b>Diámetro ecuatorial (cm)</b>	<b>Diámetro polar ( cm)</b>
1	6.2	7.1
2	6.2	8.1
3	5.4	6.9
4	7.1	8.1
5	5.9	7
6	5.3	5.4
7	5.2	6.6
8	5.4	7.1
9	5.2	6.4
10	7.5	7.7
11	6.4	9.1
12	6.0	8.9
13	5.7	10.3
14	6.1	10.4
15	6.5	11.6
<b>Promedio</b>	<b>6.01</b>	<b>8.05</b>

**Apéndice 5.** Obtención del colorante (Betalainas).



## Apéndice 6. Calibración del Espectrofotómetro UV/VIS.

Solución de permanganato de potasio

<b>Concentración</b>	<b>Absorbancia</b>	<b>Lectura</b>
<b>20 %</b>	0.439	525.2 nm
<b>40%</b>	0.659	525.2nm
<b>60%</b>	0.903	525.2 nm
<b>80%</b>	1.005	525.2nm
<b>100%</b>	1.310	525.2nm

Solución de dicromato de potasio.

<b>Concentración</b>	<b>Absorbancia</b>	<b>Lectura</b>
<b>20 %</b>	0.042	435.2nm
<b>40%</b>	0.045	435.2nm
<b>60%</b>	0.090	435.2nm
<b>80%</b>	0.140	435.2nm
<b>100%</b>	0.128	435.2nm

## Apéndice 7. Diluciones espectrofotométricas

Volumen de aforo ( ml)	Porcentaje de diluciones	Factor de dilución	Factor de concentración
	10 %	2	0.10
10ml	20 %	4	0.20
	50 %	10	0.50