

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



*Determinación de compuestos antioxidantes en jugo extraído de nopal,  
pitaya y xoconostle*

Por

**BRENDA TALÍA ALCOCER MENDOZA**

**Tesis**

Presentada Como Requisito Parcial Para Obtener El Título Profesional de

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

Saltillo, Coahuila, México

Noviembre de 2016

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos

***Determinación de compuestos antioxidantes en jugo extraído de nopal, pitaya y xoconostle***

Por

**Brenda Talía Alcocer Mendoza**

**Tesis**

Se somete bajo a la revisión del jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

APROBADA:

**M.C. Mildred Inna Marcela Flores Verástegui**

Presidente del jurado

**Dra. Gabriela Martínez Vázquez**

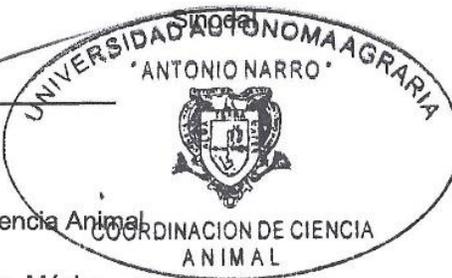
Sinodal

**Dr. Armando Robledo Olivo**

**Dr. José Duñes Alaníz**

Coordinador de la División Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.



Noviembre /2016

**“En la ciencia el reconocimiento se concede al  
hombre que convence al mundo, no aquel  
a quien se le ocurre la idea.”**

***William Oster***

## ***DEDICATORIA***

Primeramente le dedico este trabajo a Dios por haberme permitido finalizar, por sus bendiciones y por hacer mi sueño realidad, el cual había anhelado desde hace tiempo.

A mi familia por creer en mí, por su apoyo incondicional durante todo el transcurso de mi carrera, el cual me llevó hasta este momento de mi vida ya que sin ellos no hubiera sido posible alcanzar esta meta.

En especial al mejor hombre que pudo tener este mundo, a mi papá, **Aurelio Alcocer Torres:** él que fue mi inspiración, mi motivación de levantarme cada día sin importar las situaciones del tiempo, por su esfuerzo, confianza, dedicación, comprensión y más que nada por todo ese amor tan grande que me brindó, por demostrarme que todo es posible mientras haya vida; soy lo que soy por ti papá.

A la mujer que más admiro por su gran valentía, mi mamá, **Celia Mendoza Raya:** fue mi motor y mi guía en estos años difíciles de mi vida, que sin sus bendiciones a diario, sus buenos consejos, amor, dedicación y entrega total no hubiera sido posible este logro. Te amo mamá, eres mi razón de vivir.

**A mi hermana Elizabet Alcocer Mendoza:** por su apoyo, que sin él hubiera sido difícil llegar hasta aquí, por impulsarme cada momento hasta llegar a la meta, por sus consejos de experiencia en la vida, la atención, confianza y sobre todo su amor.

**A mi hermano Aurelio Alcocer Mendoza:** a ti, que siempre has estado cuando te he necesitado, que sin exigirme nada, yo he valorado todo aquello que me has brindado, por cuidarme y querer lo mejor para mí.

**A mi hermana Araceli Alcocer Mendoza:** porque siempre tuvo tiempo de escucharme, de hacerme reír en los malos momentos, por su motivación, cariño y confianza.

**A mi hermano Bernardo:** por creer en mí, por la confianza que me contribuiste desde el momento en el que decidí salir de la casa, el apoyo incondicional y el cariño tan grande que me brindaste.

**A mi hermana M. Guadalupe Alcocer Mendoza:** por tus ocurrencias que me levantaron el ánimo cada que hablábamos, gracias porque a pesar de nuestras pocas diferencias, me has demostrado tu amor y apoyo con hechos.

**A mi hermano Francisco Javier Alcocer Mendoza:** a ti hermanito de mi corazón, por la compañía, que ha sido la mejor para mí, desde que llegaste a este lugar, por estar a mi lado y la fuerza que me aportaste cada día para dar lo mejor de mí.

**A mi hermana Diana Yoselín:** por ser la felicidad de nuestros corazones y de la casa, el amor y la admiración que siempre has tenido hacia a mi.

**A mi cuñada Susana Flores Cruz:** por su cariño, confianza, que a pesar de la distancia siempre estuvo apoyándome, por cada consejo y cada palabra de aliento las cuales me hicieron que viera de otra manera las cosas, le soy muy agradecida.

**A mi cuñado Juan Luis Gonzales Pérez:** por su apoyo en los momentos malos y buenos que han pasado, por el cariño, el respeto y esos deseos de lograr con el objetivo que se proponga.

**A Gabino Sosa Ocaña:** por llegar cuando más necesitaba de alguien, por todas esas sonrisas que me sacaste de felicidad, el afecto tan grande que compartimos, la dedicación, el tiempo y por estar siempre para mí, gracias.

Mi “**Alma Mater**” por aceptarme y formar parte de esta institución al aportarme conocimientos, que me fue formando una persona profesional.

A mi asesora **M. C. Mildred Inna Marcela Flores Verástegui**: por permitirme desarrollar este proyecto de investigación, por su paciencia, dedicación, tiempo, confianza y aportación de sus grandes conocimientos, para que este trabajo llegara a finalizarse muchas gracias.

A los doctores **Gabriela Martínez Vázquez y Armando Robledo Olivo**, por su tiempo y participación tan importante a este documento.

A mis amigos de mi especialidad: **Luis David Ledezma, Itzel Cervantes y Daniela Infante** por permitirme llegar a ser su amiga, por la convivencia, la confianza, por su atención de escucharme siempre y contar con ustedes en los peores momentos.

A mis compañeras de cuarto **Patricia, Dennis y Lorena**, gracias por permitirme vivir todo lo que conviví con ustedes, haciendo que el tiempo fuera más agradable hasta que llegara este momento, por su confianza y fe que me contribuyeron.

Finalmente GRACIAS a todas estas personas que de una u otra forma formaron parte de que se concibiera este triunfo.

## RESUMEN

Los cambios en el comportamiento humano y el estilo de vida en el último siglo han provocado un incremento de la incidencia mundial en las enfermedades crónicas, como lo diabetes, que se ha convertido en uno de los problemas de salud pública más importante, debido a los altos costos de sus tratamientos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) calcula que el número de personas con diabetes en el mundo es de 171 millones y esto aumentará a 366 millones en el año 2030; actualmente su prevalencia la ubica dentro de las primeras 20 causas de mortalidad, con una tasa de 4.2 por cada 100 000 habitantes siendo a partir del año 2000 la primera causa en muerte en mujeres.

Por esta razón el presente trabajo de investigación intenta determinar la presencia de sustancias antioxidantes con potencial hipoglucemiantes y la inhibición de la enzima alfa-amilasa, en el jugo extraído de tres cactáceas: nopal (*Opuntia ficus-indica*), pitaya roja (*Pachycerus grandis*) y xoconostle (*Opuntia*) para reducir la cantidad de glucosa en sangre, especialmente de las personas que padecen Diabetes Mellitus Tipo 2.

El contenido de compuestos antioxidantes mostró que el nopal es altamente rico en fenoles y mostró la mayor concentración de fructosa. En relación a los frutos evaluados se encontró que el jugo de xoconostle presenta el mayor contenido de flavonoides en comparación con en el de la pitaya y nopal. En cuanto al análisis del nivel de porcentaje de fructosa bajo condiciones fisiológicas en fresco y digerido se mostró que si hay una reducción en su concentración una vez digeridos los tres productos evaluados. Sin embargo no se encontró inhibición de la alfa amilasa por parte de ninguno de los jugos evaluados. Estas cactáceas son una alternativa de alimentación para la humanidad ya que su producción no es costosa y que en cambio traen beneficios para la vida diaria debido a su contenido de antioxidantes.

**Palabras clave:** Nopal (*Opuntia ficus-indica*), pitaya roja (*Pachycerus grandis*), xoconostle (*Opuntia*), antioxidantes, hipoglucemiantes.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	7
ÍNDICE GENERAL.....	8
ÍNDICE DE CUADROS.....	11
ÍNDICE DE FIGURAS.....	12
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
1. 2. JUSTIFICACIÓN.....	15
1.3. OBJETIVOS.....	15
1.3.1 Objetivo General.....	15
1.3.2. Objetivos Específicos.....	15
1.4. HIPOTESIS.....	16
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEORICO.....</b>	<b>17</b>
2.1. DIABETES MELLITUS.....	17
2.1.1. DIABETES MELLITUS TIPO 2.....	17
2.2. MEDICINA ALTERNATIVA (consumo de productos naturales).....	18
2.3. CACTÁCEAS.....	21
2.3.1 Nopal.....	22
2.3.1.1. Usos Tradicionales Del Nopal.....	24
2.3.2. Pitaya.....	24
2.3.3. Xoconostle.....	25
2.4. SUSTANCIAS ANTIOXIDANTES.....	26
2.4.1. Fenoles.....	27
2.4.2. Flavonoides.....	28

2.4.3. Sustancias Hipoglucemiantes.....	28
2.5. ALFA-AMILASA.....	29
2.5.1. Inhibición.....	30
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA.....</b>	<b>31</b>
3.1. UBICACIÓN.....	31
3.1.1. Material Biológico.....	31
3.1.2. Material de Laboratorio.....	31
3.2. MANEJO DEL MATERIAL BIOLÓGICO.....	32
3.3. ANÁLISIS REALIZADOS.....	33
3.3.1. Color.....	33
3.3.2. Determinación de pH.....	33
3.3.3. Fructosa.....	33
3.4. ANTIOXIDANTES.....	34
3.4.1. Fenoles.....	34
3.4.2. Flavonoides.....	34
3.5. Determinación de la Alfa-amilasa.....	35
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>36</b>
4.1. DETERMINACION DE LUMINOSIDAD.....	36
4.2. DETERMINACIÓN DE PH.....	36
4.3. DETERMINACION DE FRUCTOSA.....	38
4.4. ANTIOXIDANTES.....	39
4.4.1. Determinación De Flavonoides.....	39
4.4.2. Determinación De Fenoles.....	39

4.5. DETERMINACIÓN DE % DE FRUCTOSA BAJO CONDICIONES.....	42
FISIOLÓGICAS Y % DE FRUCTOSA	
4.6. ÍNDICE DE INHIBICIÓN DE LA ALFA-AMILASA.....	43
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSION.....</b>	<b>44</b>
<b>CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>45</b>
<b>CAPÍTULO VII. ANEXOS.....</b>	<b>50</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1. Plantas medicinales de México con propiedades antidiabéticas. Citado por (R. Edgar y Gutiérrez Ezquivel, 2000,2012).....21

Tabla 2. Listado, materiales y reactivos utilizados.....32

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos y estructuras básicas de flavonoides comunes. (Martínez Flores S, 2002).....	28
Figura 2. Hidrólisis del almodón con la amilasa (Padova, 2002).....	30
Figura 3. Gráfico de medias, comparación de variables en el pH.....	36
Figura 4. Diferencias de luminosidad entre tratamientos.....	37
Figura 5. Se realizó un comparativo de concentración promedio de fructosa.....	38
Figura 6. Comparativo de valores medios de flavonoides.....	39
Figura 7. Comparativo de muestras de concentración de promedio de fenoles.....	41
Figura 8. Comparación de valores promedios en % de análisis realizados entre nopal, pitaya, y xoconostle fresco y digerido.....	42
Figura 9. Diferencias de inhibición de la enzima alfa-amilasa en cactáceas (nopal, pitaya y xoconostle).....	43

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

La Diabetes Mellitus (DM) agrupa un conjunto heterogéneo de síndromes que, englobando a diversas entidades clínicas, se caracteriza por la hiperglucemia resultante de defectos en la secreción de insulina, en la acción de la misma, o ambos. En su etiología concurren factores genéticos y ambientales, su importancia como problema de salud viene determinado por el desarrollo y progresión de sus complicaciones crónicas, micro y macro vasculares, que afectan a la calidad de vida del diabético y provocan altas tasas de invalidez y elevados costos socio sanitarios en su autocuidado, y por tanto, la educación sanitaria. El papel estratégico fundamental en la prevención primaria debe orientarse al control de todos los factores de riesgo, al seguimiento de los pacientes, la prevención de las complicaciones agudas, la detección precoz de las complicaciones crónicas y la educación diabetológica (Forga y Zulet, 2002; Cabrera *et al.*, 2008).

Esta enfermedad es de gran importancia porque afecta a muchos adultos y su frecuencia está aumentando con el envejecimiento de las poblaciones. A nivel mundial, en el año 2000 sufrían diabetes 171 millones de personas, y se prevé que en el 2030 esa cifra alcance un total de 366 millones (Kalofoutis *et al.*, 2007)

En México, desde 1940 la diabetes ya se encontraba dentro de las primeras causas de mortalidad, pese a ello, se le consideraba una enfermedad poco frecuente (1% de la población adulta); sus consecuencias crecieron a partir de 1970, cuando la diabetes ocupó el 15º lugar como causa de muerte. A partir de 2000, la diabetes es la primera causa de muerte en mujeres y la segunda en hombres, después de la cardiopatía isquémica, enfermedad resultante muchas veces de la diabetes (Centro de Salud de Moreda, Aller, 2000).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) reporta en estudios realizados durante la década pasada que la prevalencia se encontraba entre 8 y 9% en la población

mexicana y se calcula que podrá llegar a 12.3% en el año 2025 (Salud Pública 2007).

El advenimiento de los hipoglucemiantes orales para el tratamiento de la DM tipo 2 incrementó el arsenal disponible para combatir esta enfermedad, así un tratamiento que funciona en un primer momento, puede necesitar ajustes con forme pasa el tiempo para poder mantener los niveles de glucosa bajo control, sin embargo la dieta saludable, la actividad física regular, así como el mantenimiento de un peso corporal normal pueden prevenir la DM tipo 2 o retrasar su aparición (Carrasco Parra N. E., 2011).

Las plantas medicinales pueden optimizar el metabolismo de la glucosa y la condición integral de los diabéticos, no solo por sus efectos hipoglicemiantes sino también al mejorar el perfil lipídico, el estado antioxidante y la función capilar. A nivel mundial se han reportado más de 400 productos botánicos para la diabetes (Rodríguez Ulloa, S.L. *et al.*, 2007).

La principal estrategia desarrollada para lograr la integración de las medicinas tradicionales a los tratamientos, ha sido la investigación con plantas medicinales para comprobar de manera científica su eficacia. Además de su difusión entre las culturas, capacita recursos humanos especialistas en medicina tradicional, en países como China, India y Tailandia se han conseguido avances significativos en la articulación de modelos integrales de salud, mientras que en algunos países de América Latina como México, Nicaragua y Brasil tienen experiencias interesantes con avances hacia la integración de las medicinas tradicionales en la medicina moderna (OMS, 2002).

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

La Diabetes mellitus tipo 2 es una de las enfermedades que en la actualidad va en incremento, para tratarla es recomendable el seguimiento de un tratamiento que en ocasiones muchas personas al no contar con recursos económicos suficientes no pueden tener acceso a él, motivo por el cual los pacientes sufren frecuentemente de ceguera, insuficiencia renal, amputaciones no traumáticas e incapacidad prematura en México; en base al problema tan fuerte que se presenta se realizó este proyecto de investigación para ofrecer al consumidor diabético un producto a base de jugo de nopal (*Opuntia ficus-indica*), pitaya roja (*Pachycerus grandis*), y xoconostle (*Opuntia*), que brinde una alternativa para el control de sus niveles de glucosa partiendo de que las cactáceas no son de alto costo.

Las materias primas base para este trabajo de investigación las obtenemos de nuestra propia naturaleza, ya que México es un país que nos brinda una riqueza de alimentos, entre ellos las cactáceas ya mencionadas, con potencial de poseer una gran cantidad de antioxidantes que nos pueden beneficiar a la salud combatiendo enfermedades.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. General**

Determinar compuestos antioxidantes y la inhibición de alfa amilasa en jugo extraído de cactáceas.

### **1.3.2. Específicos**

- Determinar pH y color triestímulo en extractos de nopal, pitaya y xoconostle.
- Cuantificar el contenido de fenoles y flavonoides en los extractos obtenidos.
- Evaluar el contenido de fructosa en los extractos obtenidos en fresco y bajo condiciones de pH y temperatura fisiológicas.
- Comprobar la inhibición de la alfa amilasa in vitro de los extractos de nopal, pitaya y xoconostle.

#### 1.4. HIPÓTESIS

- ❖ El jugo extraído de nopal (*Opuntia ficus-indica*), pitaya roja (*Pachycerus grandis*) y xoconostle (*Opuntia*) presentan compuestos antioxidantes con potencial hipoglucemiante

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. DIABETES MELLITUS**

La diabetes mellitus (DM) es determinada como una enfermedad crónica en la que el individuo muestra alteraciones en el metabolismo de carbohidratos, de proteínas y grasas. Es un trastorno metabólico progresivo de la glucosa que con el tiempo contrae algunos cambios micro y macro vasculares provocando problemas secundarios difíciles de controlar. También conlleva una respectiva deficiencia de la secreción de insulina, hormona que regula el azúcar en la sangre (Durán Varela B.R. *et.al*, 2001).

Los inicios acerca de la diabetes se registraron en el papiro de Ebers; uno de los más añejos tratamientos médicos fue escrito en Egipto cerca del año 1 500 antes de nuestra era, encontrado en Tebas (hoy Luxor) en 1872. Las recetas hicieron referencia a los principales síntomas particulares de la enfermedad y a notas hechas a base de él. El nombre de diabetes proviene de los griegos Apolonio de Mileto y Demetrio de Aparnea; dicho nombre procede de la palabra Diabinex que significa "pasar a través de"(López Ramón C. y Avalos García M.I., 2013). Por primera vez en el año de 1674 Tomas Willis, medico inglés, asignó la palabra *mellitus* que significa "sabor a miel" debido al dulzor de la orina de pacientes con diabetes que ya había aparecido en diferentes países como Egipto, India, China y Grecia.

#### **2.1.1. DIABETES MELLITUS TIPO 2**

La Diabetes Mellitus tipo 2 (DM2) es una de las enfermedades más comunes que depende de estilos de vida con sobrepeso, dieta deficiente y una baja actividad física, esta enfermedad se desarrolla lentamente con el tiempo, en la cual se encuentran altos niveles de azúcar (glucosa) en la sangre, lo que dificulta al cuerpo el uso de la insulina de manera correcta. La incidencia de la diabetes mellitus tipo 2 (DM2) está aumentando en todo el mundo y puede presentarse en personas esbeltas siendo más común en los ancianos (Tuomilehtolaakko Johan, 2001).

Las personas con DM2 deberán seguir un proceso y un tratamiento para el manejo integral de la enfermedad basado en un equipo multidisciplinario de salud que será dirigido por el médico, esto para proporcionar orientación para el paciente y así sea más fácil el cuidado de la enfermedad que conlleva a defectos en la secreción de insulina, de la acción inadecuada de la misma además de que puede dañar órganos como, los vasos sanguíneos, los riñones y los nervios, produciendo complicaciones con el corazón, el sistema circulatorio y la vista. Las personas que son intolerantes a la glucosa son los que están propensos a que padezcan de esta enfermedad (Oviedo Mota M.A. y Espinosa Larrañaga F., 2013).

La gran mayoría de los diabéticos que padecen DM2 sufren de obesidad y sobrepeso, esto conlleva a que haya un aumento en la resistencia de acción de la insulina en los tejidos periféricos, especialmente en la grasa, viéndose afectado el hígado ocasionando una secreción sobresaltada de insulina. (Gasteiz Vitoria, 2008).

Por otro lado Pineda Salgado y colaboradores (2001) mencionan que en diversos estudios de DM2 se diagnosticó una reducción de hasta 10 años potenciales de vida y que entre el 60 y 80% de los casos, la defunción se produce por causa cardiovascular. Las personas con diabetes tipo 2 suelen tratarse con medicamento, algunas requieren inyecciones de insulina, así como intervenciones sencillas y económicamente eficientes.

## **2.2. MEDICINA ALTERNATIVA (consumo de productos naturales)**

Es una actividad importante el estudio botánico en cuanto al área de investigación y desarrollo de fármacos ya que se reporta que aproximadamente el 40% de los productos farmacéuticos que son ingeridos en países desarrollados provienen de fuentes naturales, que son las plantas. El conocimiento que se tiene en México acerca de las plantas medicinales es de la época prehispánica y de diversos grupos étnicos quienes hacían uso de ellas. Hace más de 30 años surgió la necesidad de

incluir las medicinas tradicionales dentro de los medios oficiales, esto para mejorar la calidad de vida de las personas con alguna enfermedad (Huerta, 1997).

El desarrollo de antibióticos y agentes antineoplásicos son ejemplos de la importancia del aislamiento y caracterización de productos naturales a partir de plantas usadas en la medicina popular, de acuerdo a estas se pueden obtener sustancias con diferentes efectos farmacológicos (Dahanukar, *et al.*, 2000).

Trabajos recientes han logrado determinar que ciertos metabolitos vegetales poseen actividad farmacológica para el tratamiento de cáncer, enfermedades gastrointestinales, dérmicas, del sistema nervioso central, cardiovasculares y diabetes, entre otras (Noriega-Cisneros *et al.*, 2012). Como por ejemplo *Physalis peruviana* (Aguaymanto, uchuva o tomate silvestre), planta originaria de los Andes Peruanos perteneciente a la familia de las *Solanaceae*s, con alto potencial de reproducción ya que crece en suelos pobres. Son bayas de color naranja amarillo, forma globosa, peso entre 4-5 g y sabor agridulce, ricas en vitamina A, fibra, proteínas, hierro, potasio y zinc. Se le han atribuido propiedades medicinales como sedante, diurético y antidiabético; se recomienda el consumo de 5 frutos diarios (Rodríguez Ulloa S.L. y Rodríguez Ulloa E.M., 2007).

En la Facultad de Medicina de la Universidad de San Martín de Porres, Kakihara, T. S. *et al.*, 1996), demostraron el efecto hipoglicemiante de las hojas y el tubérculo de yacón, siendo más efectivas las hojas. Igualmente, (Volpato *et al.*, 1997), encontraron que las hojas de yacón, reducían los niveles de glucosa en sangre, aún y cuando contiene un 20% de azúcares, principalmente inulina (polisacáridos de fructosa).

Las plantas medicinales o sus extractos pueden optimizar el metabolismo de la glucosa y la condición integral de los diabéticos, no sólo por sus efectos hipoglucemiantes sino también al mejorar el perfil lipídico, el estado antioxidante y la función capilar. A nivel mundial se han reportado más de 400 productos que se comercializan para el tratamiento de la diabetes (Yen *et al.*, 2003).

Las plantas medicinales más utilizadas y nombradas por sus usos en nuestro país son: gordolobo (*Gnaphalium* sp.), eucalipto (*Eucalyptus globulus*), hierbabuena (*Menta* sp), manzanilla (*Matricaria chamomilla*), árnica (*Heterotheca* spp.), guarumbo (*Cecropia obtusifolia*), verbena (*Verbena carolina*), saúco amarillo (*Tecoma stans*), epazote (*Chenopodium ambrosioides*), sábila (*Aloe vera*), ruda (*Ruta graveolens*), romero (*Rosmarinus officinalis*) y nopal (*Opuntia ficus-indica*), entre otras (Linares y Bye, 1990; Taddei-Bringas *et al.*, 1999).

Se han registrado más de 300 especies vegetales de unas 70 familias diferentes, que según información etnobotánica registrada en el Herbario Medicinal del Instituto Mexicano del Seguro Social son usadas tradicionalmente para el tratamiento de la diabetes (Juárez-Flores, 2006).

En la Tabla 1, se presentan algunas plantas medicinales con propiedades antidiabéticas, de acuerdo a investigaciones realizadas en el periodo entre 2000 y 2012 (Salgado Garciglia R., 2012).

**Tabla1.** Plantas medicinales de México con propiedades antidiabéticas.

Especie vegetal (parte utilizada)	Tipo de extracto/Principio activo	Referencia
<i>Psacaliumdecompositum</i> (raíces)	Acuoso	Alarcón-Aguilar <i>et al.</i> , 2000
<i>Parmentiera edulis</i> (frutos)	Clorofórmico	Pérez-Gutiérrez <i>et al.</i> , 2000
<i>Cirsiumpascuarens</i> (hojas)	Hexánico	Pérez-Gutiérrez <i>et al.</i> , 2001
<i>Bidenspilosa</i> (plantaentera)	Acuoso-Etanólico	Alarcón-Aguilar <i>et al.</i> ,2008
<i>Salvia officinalis</i> (plantaentera)	Acuoso-Etanólico	Alarcón-Aguilar <i>et al.</i> , 1998
<i>Cecropia obtusifolia</i> (hojas)	Ác. clorogénico	Andrade-Cetto yWiedenfeld, 2001
<i>Agarista mexicana</i> (tallos)	12-urseno Dimetilelestigmasteno	Pérez-Gutiérrez y Vargas, 2002
<i>Psacaliumradulifolium</i> (raíces)	Metanólico	Garduño-Ramírez y Delgado, 2003
<i>Acosmiumpanamense</i> (corteza)	Butanólico	Andrade-Cetto yWiedenfeld, 2004
<i>Hintoniastandleyana</i> (corteza de tallo)	3-O-beta-D-glucopiranosil-23,24-dihidrocucurbitacina F	Guerrero-Analcoet <i>al.</i> , 2005
<i>Colubrinaelliptica</i> (corteza)	Acuoso	Marroquín-Segura <i>et al.</i> , 2005
<i>Hintoniastandleyana Hintonialatiflora</i> (hojas)	Fenilcumarina 1, Fenilcumarina 2	Cristianset <i>al.</i> , 2009
<i>Agastache mexicana</i> (parte aérea)	Tilianina	Hernández-Abreu <i>et al.</i> , 2009
<i>Tecoma stans</i> (hojas)		
<i>Teucriumcubense</i> (hojas y tallos )	Acuoso	Alonso-Castro <i>et al.</i> , 2010
<i>Prosthecheamichuacana</i> (pseudobulbos)	Hexánico	Pérez-Gutiérrez y Hoyo-Vadillo, 2011
<i>Ibervilleasonorae</i> (raíces)	Acuoso	Rivera-Ramírez <i>et al.</i> , 2011
<i>Psittacanthuscalyculatus</i> (partes aéreas)	Metanólico	Ávila-Acevedo <i>et al.</i> , 2012

**Fuente:** Citado por (R. Edgar y Gutiérrez Ezquivel, 2000,2012).

## 2.3. CACTÁCEAS

Las cactáceas son una familia vegetal originaria del continente americano, que cuenta con 110 géneros y 1500 especies. Aproximadamente 52 géneros y 850 especies son las que se encuentran en nuestro país, México, lo que lo hace el territorio de mayor variedad y riqueza de cactáceas a nivel mundial. Las cactáceas son plantas fanerógamas y dicotiledóneas es decir producen flores, frutos y semillas. Su hábitat característico implica lluvias esporádicas con largos periodos de sequía intermedios, pero con abundante rocío matinal, cuando descienden las temperaturas (Barthlott y Hunt en Kubitzki, 1993). Crecen en zonas áridas y semiáridas de América, (Bravo-Hollis y Sánchez-Mejorada, 1991) y sus características se expresan en formas y colores que las han hecho atractivas para los colectores y cultivadores, por lo que tienen gran demanda en el mercado de ornamentales tanto a nivel nacional como internacional (Sánchez-Mejorada, 1982).

Las cactáceas más conocidas, se dividen en tres grupos:

1. Los nopales y xoconostle
2. Las biznagas, órganos, candelabros, liendrillas, peyotes, chiotillas, jiotillas, garambullos, pitayas y tetechos.
3. Los cactus con hojas.

Los cuales pueden utilizarse con diversos fines como por ejemplo: forraje para ganado vacuno y porcino, elaboración de fijadores de pinturas y/o colorantes textiles (extraído de un parásito color rojo que tienen las cactáceas), fabricación de artesanías utilizando sus fibras o su madera, protección en contra de la erosión del suelo y medicinalmente, para controlar las hemorragias nasales; como jarabe para la tos, analgésicos, laxantes, para curar mordeduras de serpientes y como sustancia hipoglucemiante.

### **2.3.1 Nopal**

El nopal o nopalli (derivado del náhuatl), con nombre científico *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller, es una planta del panorama mexicano y uno de los símbolos más importantes de la nacionalidad que apoyó el establecimiento humano y al desarrollo cultural en la época prehispánica (Dura García R. *et al.*, 2005). Actualmente se considera una planta silvestre que sobrevive en regiones desérticas y frías, no requiere de mucha agua para su cultivo, por lo que es una buena fuente de ingresos para muchos agricultores que no cuentan con los recursos necesarios y viven en zonas áridas o semiáridas. Se dice que tiene un papel ecológico importante, ya que detiene la degradación del suelo deforestado, o sea, convierte tierras improductivas en productivas (Marroquin Háuad, 2012). En México la ingesta anual per cápita de nopal es de 6.4 kilos.

El género *Opuntia* se distribuye entre diferentes tipos de vegetación, pero cuando se asocia con diferentes especies del mismo género, en un área determinada forman el llamado matorral, mejor conocido como “nopalera” que predomina en el desierto Chihuahuense y en la Cuenca del Río Balsas (Michoacán) donde se cree es centro de origen del género. Así las regiones de México donde se encuentra la mayoría de riquezas silvestres de *Opuntia* cultivada son: la Altiplanicie Meridional, correspondiente a los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Hidalgo, San Luis Potosí, Zacatecas y parte de los estados de Jalisco, Michoacán y Querétaro.

Las formas de encontrar el nopal para consumir de manera variada pueden ser: jugos, dulces, ensaladas, guisados, en soya, harina de cereal y nopal, nopalitos en salsa y embutidos.

Estudios realizados por Diguét, (1928); Bravo (1937) y Felger Mosser (1974), demostraron que el nopal tiene propiedades medicinales que ayudan a controlar enfermedades como: la obesidad, debido a la fibra que ayuda a absorber los nutrimentos además de crear una sensación de saciedad, haciendo que disminuya el hambre.

Se han llevado a cabo investigaciones en el Instituto Politécnico Nacional acerca de la diabetes e hiperglucemia. El nopal incrementa los niveles y la sensibilidad a la insulina logrando con esto estabilizar y regular el nivel de azúcar en la sangre. Se ha comprobado científicamente el poder hipoglucemiante del nopal, como un efectivo tratamiento para la prevención de la diabetes ya que disminuye las concentraciones de glucosa en la sangre al consumirlo por 10 días (Paredes, 1973).

### **2.3.1.1. Usos Tradicionales Del Nopal**

Las culturas prehispánicas aprovechaban toda la planta del nopal como planta medicinal: para detener el flujo o diarrea era la utilización de la tuna, el mucílago o la goma calmaba los dolores de riñones, al consumir el jugo desaparecían fiebres, mientras que el fruto se empleaba para la bilis; la baba cactácea se utilizaba para las manos y labios partidos, la raíz para el hígado irritado y úlceras estomacales; las pencas curaban inflamaciones, dolor de muelas y ayudaba al parto, y por último las espinas se requerían para la limpieza de infecciones ( Flores Carrillo M. *et al.*, 2012).

El nopal contiene 90-92.5% de agua, una gran cantidad de fibra, es bajo en carbohidratos simples y grasas saturadas, alto en proteína lo que hace más invulnerable a la insulina y a la gluconeogénesis. Sus propiedades hipoglucemiantes y de disminución del colesterol sérico y triglicéridos, se aporta consumiendo entre 300 y 500 g/día de nopal asado (Ramón Sonia, *et al.*, 2013).

El efecto hipoglucemiante y antidiabético ha sido sin duda el más estudiado a nivel mundial, a tal grado que el nopal, la tuna al igual que sus semillas y flores son tradicionalmente utilizadas para combatir la diabetes tipo 2 (Guevara C. *et al.*, 2009; Carrasco N. 2012).

### **2.3.2. Pitaya**

El término pitaya o cualquiera de sus variantes regionales (pitalla, pitahaya, pitahalla, pitajalla o pitajaya) proviene de la lengua antillana (G.C. Irma Cecilia y M.C. Paula, 2006).

En México existen diversas especies de pitaya que se encuentran en forma silvestre desde el norte hasta el sur de la República, en la región de la Mixteca Baja, en los

estados de Puebla y Oaxaca, se encuentran tres especies de pitayo, siendo la principal *Pachycereus grandis* que pertenece al grupo de las angiospermas de la familia *Cactaceae* (Medina, R., 2012, Bravo-Hollis, 1978).

En forma cultivada se le localiza en dos grandes regiones; la principal se ubica en el centro del país en los estados de Querétaro, Guanajuato, Michoacán y Jalisco mientras que la segunda región productora está en la Mixteca Baja, en los estados de Oaxaca y Puebla (Corrales García *et.al.*, 2003).

*Pachycereus grandis* es una especie nativa de México que posee una amplia variación morfológica y tiene usos múltiples, principalmente por el consumo del fruto, además del aprovechamiento de los tallos para cercas vivas, control de erosión y como combustible. Los frutos generalmente son consumidos como una fruta de mesa o para elaborar agua fresca, helado, gelatina, mermelada y licores. La presencia de fenoles en el fruto y su alta actividad antioxidante lo hace una fuente importante de productos antioxidantes para el humano (Beltrán Orozco *et al.*, 2009).

### **2.3.3. Xoconostle**

El xoconostle es el fruto de la *Opuntia xoconostle*, planta de la familia de las *Cactaceae*, su piel es suave y comestible a diferencia de la tuna, su sabor es ácido y complejo; la palabra viene del náhuatl “xococ”, que significa agrio y de “nochtli” que quiere decir tuna, por lo tanto su significado es: “tuna agria”.

Este fruto ha sido un alimento usual para el hombre desde su sedentarización en el continente americano y proviene de una planta silvestre encontrada por los grupos nómadas que recorrieron el área conocida como Aridoamérica. El xoconostle, no es una categoría natural, el vocablo refiere a toda aquella cactácea productora de frutos ácidos. En México, los xoconostles se encuentran distribuidos a lo largo del

país, pero la mayor concentración se encuentra en las zonas áridas y semiáridas del desierto Chihuahuense y en la zona semiárida de Tehuacán-Cuicatlán. Estas cactáceas en México son uno de los recursos de gran importancia para los ecosistemas en las zonas áridas y semiáridas ya que están presentes en casi el 50% de su territorio (Bartolo Cruz Joaquin, 2014).

El fruto xoconostle, se utiliza como condimento en la cocina mexicana, se ha procesado a pequeña escala en mermeladas, caramelos, jugos, dulces, jaleas, salsas y bebidas; su color es rosa, el pericarpio de luz roja o color amarillo-rosado, mesocarpio succulento y el endocarpio de color rojo contiene pequeñas semillas de color marrón. El xoconostle puede permanecer en la planta durante varios meses sin tener un deterioro, incluso en un ambiente seco y fresco se puede mantener sin perder su humedad (Reyes, *et al.*, 2006), es cultivado en la zona central de México durante todo el año y llega a producir fruta de hasta 60 g, de forma redonda con un diámetro de 4-5 cm.

El xoconostle se ha recomendado como medicina popular en tratamientos para la diabetes, la hipertensión, obesidad y enfermedades respiratorias. Zavaleta *et al.*, (2006) informaron que el consumo del pericarpio del xoconostle causa una reducción en los niveles de colesterol y triglicéridos en personas sanas, una disminución gradual en los niveles séricos de glucosa en individuos con diabetes mellitus tipo 2 y un aumento en suero de los niveles de insulina (Osorio Esquivel O., 2011; Pimienta, *et al.*, 2008).

## **2.4. SUSTANCIAS ANTIOXIDANTES**

Los antioxidantes son compuestos que retardan la degradación oxidativa de las moléculas orgánicas, y ayudan a prevenir la formación de colores y olores desagradables; pueden ser naturales y sintéticos (Vázquez Cardeño Á., 2007). Aquellos que forman parte de la dieta están conformados por un grupo de minerales,

vitaminas como la C que es la más abundante en la sangre y la E que es el mayor antioxidante lipofílico, así como colorantes y compuestos vegetales aparte de las enzimas, que previenen del efecto nocivo llamado radicales libres, esto quiere decir que los antioxidantes son de corta vida y pueden retrasar la oxidación. (Kinsella *et al.*, 1993).

### **2.4.1. Fenoles**

Los compuestos fenólicos pueden definirse como sustancias que poseen un anillo aromático, que lleva uno o más grupos hidroxilo, incluyendo derivados funcionales (Andrés Lacueva *et.al.*, 2010) y se encuentran en todos los vegetales cuya ingesta reduce las enfermedades cardiovasculares y el riesgo de padecer cáncer (Benito-Gales, 2001).

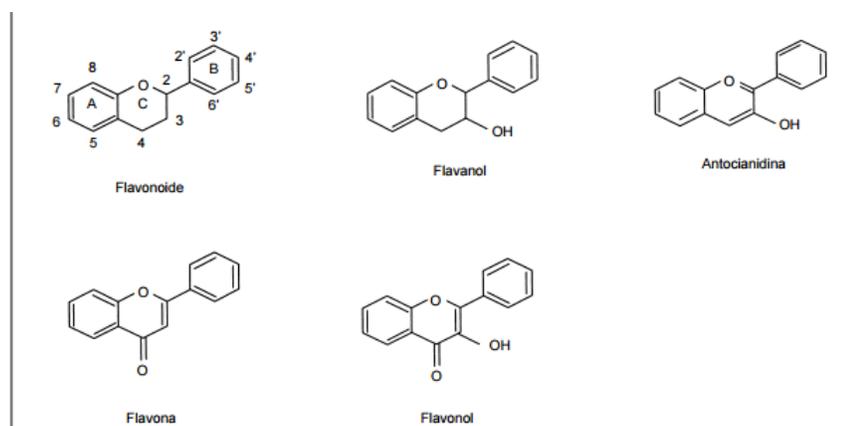
Steinmetz y Potter (1996) obtuvieron datos de estudios epidemiológicos que pusieron de manifiesto que consumos elevados de frutas y hortalizas están relacionados con una baja incidencia de diferentes tipos de cáncer, como los de estómago, pulmón, cavidad oral, faringe, endometrio, páncreas y colon.

Los fenoles intervienen en la calidad, aceptabilidad y estabilidad de los alimentos ya que funcionan como colorantes, antioxidantes y aporte de sabor. (Muñoz Ramos, 2007), además son compuestos ampliamente distribuidos en la naturaleza, entre los que se encuentran:

1. Los derivados del ácido gálico (taninos: condensados e hidrolizables)
2. Los flavonoides (catequinas, leucoantocianinas, flavanonas, flavanoles, flavonas, antocianinas, flavonoles, chalconas, dihidrochalconas, auronas, isoflavonas).

## 2.4.2. Flavonoides

Los flavonoides son compuestos polifenólicos que se caracterizan por poseer una estructura de tres anillos formada de dos centros aromáticos y un heterociclo central oxigenado, como se muestra en la Figura 1.



**Figura 1.** Tipos y estructuras básicas de flavonoides comunes. (Martínez Flores S., 2002)

Como antioxidantes los polifenoles protegen las células evitando el riesgo de varias enfermedades asociadas al estrés oxidativo provocado por radicales libres (Gutierrez Avella D.M., *et.al.*, 2008; Parra y Bolwell, 2000; Akowuah *et al.*, 2004). El estudio de Mónica (1989) para la OMS ha contribuido al interés despertado por los flavonoides al comprobar que las tasas de mortalidad por enfermedades cardiovasculares en Francia eran mucho menores que otros países. (Bedascarrasbure E., *et al.*, 2004).

## 2.4.3. Sustancias Hipoglucemiantes

Con el descubrimiento del tratamiento oral hipoglucemiante surgió un cambio drástico en el tratamiento de la diabetes, de acuerdo a los análisis de Janbon *et al.*, 1942, ya que observaron hipoglucemia en un paciente que sufría fiebre tifoidea tratado con sulfonamidas. El advenimiento de la tolbutamida, agente con acción

hipoglucemiante, presentó menos reacciones adversas y sin actividad antibacteriana así fue que se extendió considerablemente su utilización para el tratamiento de la diabetes mellitus (Chaves Ortiz R. *et al.*, 2001)

A continuación se enlistan algunas sustancias hipoglucemiantes o antidiabéticos de acuerdo con Bard Lina, y M. José (2004):

**Sulfonilureas (SU):** su acción es estimular la secreción de insulina a través de las células del páncreas esto dependiendo del ATP.

**Biguanidas:** actúan disminuyendo la absorción de glucosa en el hígado

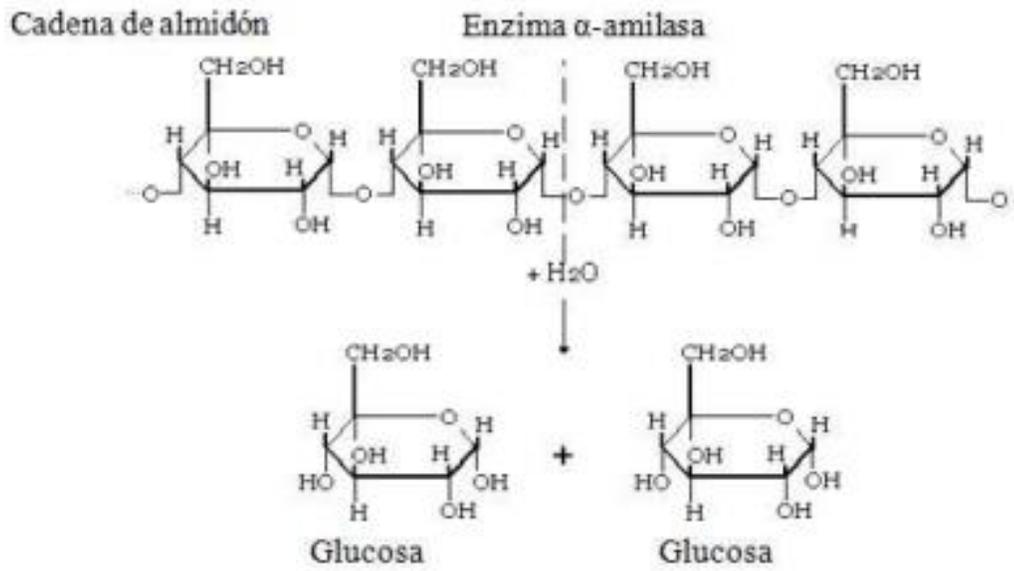
**Tiazolidinedionas:** su función es reducir la resistencia a la insulina

**Inhibidores de la alfa glucosidasa:** inhibición de las enzimas del enterocito.

## 2.5. ALFA-AMILASA

El término amilasa se define habitualmente como la enzima que hidroliza el enlace 0-glicosilo de almidón. (Kuriki Takashi y Manaka Tadayuki, 1999). La alfa-amilasa es una enzima que se encuentra en el jugo pancreático y la saliva que desdobra las grandes moléculas insolubles de almidón en moléculas absorbibles, su función es realizar la digestión cuando son consumidos carbohidratos, realiza la separación de los enlaces polimerizantes  $\alpha$  (1-4), siendo su centro activo. Tiene gran importancia en la nutrición ya que se relaciona con el funcionamiento del sistema nervioso autónomo (E.Barbara, *et al.*, 2012).

Las amilasas son enzimas glucolíticas, que hidrolizan los enlaces glucosídicos de las cadenas de los polisacáridos de las sustancias amiláceas, degradándolas a oligosacáridos, disacáridos y monosacáridos, que son más solubles en medios acuosos, como se puede observar en la Figura 2.



**Figura 2.** Hidrólisis del almidón con la amilasa (Padova, 2002).

Las amilasas que pueden hidrolizar las uniones glucosídicas internas de los polisacáridos se conocen como endo-amilasas y las que hidrolizan aquellas que se encuentran en las extremidades de las cadenas como exo-amilasas. (Franklin Benjamín, 2011).

### 2.5.1. Inhibición

Al inhibir la alfa-amilasa se presenta una alternativa prominente, ya que interfiere con la digestión directa de los carbohidratos complejos, lo que conduce a la reducción de la absorción de los mismos; resultando una disminución de calorías derivadas de los carbohidratos, esto reflejará una pérdida de peso, una reducción de la glucemia y el control de la diabetes tipo II además de disminuir los antojos de alimentos ricos en azúcar y muchas otras formas de sensibilidad a los alimentos (L Pereira *et al.*, 2012).

## **CAPÍTULO III METODOLOGÍA**

### **3.1 UBICACIÓN**

El lugar donde se realizó este proyecto, fue en el Área de Bromatología del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

#### **3.1.1. Material Biológico**

En el presente trabajo se emplearon tres cactáceas, siendo dos frutos (pitaya y xoconostle) y un cladodio (nopal), cuya procedencia se describe a continuación:

La pitaya roja, género *Pachycereus*, especie *grandis*, originaria de Pitzotlan – Tepalcingo, Morelos, fue enviada desde su lugar de producción bajo condiciones de refrigeración hasta el laboratorio del Departamento de Ciencia y Tecnología De Alimentos y se mantuvo bajo congelación a  $-18^{\circ}\text{C}$  hasta su utilización.

El nopal, genero *Opuntia*, especie *ficus-indica*, originario del municipio de Saltillo, Coahuila, fue enviado desde su lugar de procedencia bajo condiciones de refrigeración, en las que se mantuvo hasta su utilización.

El xoconostle, género *Opuntia*, especie *xoconostle*, fue adquirido en el mercado de abastos de la Ciudad de Saltillo Coahuila, México y se conservó bajo condiciones de refrigeración hasta su utilización.

#### **3.1.2. Material de Laboratorio**

Los reactivos, equipo y material empleados durante los análisis que se realizaron a lo largo de la presente investigación, se presentan en la tabla 2.

**Tabla 2.** Listado de equipo, materiales y reactivos utilizados.

<b>Reactivos</b>	<b>Equipo</b>	<b>Material</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Agua destilada</li> <li>▪ Buffer</li> <li>▪ Carbonato de sodio 20%</li> <li>▪ ∞-Amilasa marca sigma</li> <li>▪ Ácido Gálico</li> <li>▪ Metanol</li> <li>▪ Catequina</li> <li>▪ Almidón</li> <li>▪ Fructosa</li> <li>▪ DNS</li> <li>▪ Nitrito de sodio</li> <li>▪ Reactivo de Folín</li> <li>▪ Cloruro de Aluminio</li> <li>▪ Hidróxido de sodio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vasos De Precipitado 50 MI</li> <li>▪ Matraz De Aforación</li> <li>▪ <math>\mu</math>pipeta</li> <li>▪ Micro espátula Doble</li> <li>▪ Pipeta De 10 MI</li> <li>▪ Cuchillo</li> <li>▪ Tabla</li> <li>▪ Termómetro De 150°C</li> <li>▪ Celdillas</li> <li>▪ Gradilla</li> <li>▪ Tubos De Ensaye</li> <li>▪ Palangana</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Espectrofotómetro (Termo-Electron Corporation)</li> <li>▪ Potenciómetro</li> <li>▪ Balanza analítica (Ohaus)</li> <li>▪ Nutribullet</li> <li>▪ Parrilla(Themo Scientifc)</li> <li>▪ Congelador(Torrey)</li> <li>▪ Vortex(Benchmark)</li> <li>▪ Colorímetro</li> </ul>

### **3.2. MANEJO DEL MATERIAL BIOLÓGICO**

Como inicio la pitaya se descongeló en un refrigerador con una temperatura de 4°, donde se dejó hasta el día siguiente cuando se tomaron 6 piezas, así como también 6 raquetas de nopal y por último 6 xoconostles de manera aleatoria para obtener un peso de 150 g de cada cactácea; lo anterior hasta generar cinco repeticiones.

Se midió largo, ancho y peso para cada una de las muestras, después se llevó a cabo la limpieza de las tres cactáceas, se separó y se pesó la cáscara que fue

extraída de los frutos en una balanza analítica, registrando los pesos obtenidos en cada repetición.

La pulpa de los frutos y los cladodios se colocaron por separado en un extractor de espas (Nutribullet) para obtener la molienda de cada una de las cinco repeticiones de cada cactácea y colocarla en frascos de vidrio para mantenerla en refrigeración hasta su evaluación.

### **3.3. ANÁLISIS REALIZADOS**

#### **3.3.1. Color**

Para determinar el color triestímulo, se colocó el brazo de medición de un colorímetro Konica-Minolta sobre la superficie de la muestra fresca de nopal, pitaya y xoconostle, se presionó el botón y se tomó la lectura en el espacio de color  $L^*a^*b^*$ .

#### **3.3.2. Determinación de pH**

Para la determinación del pH se utilizó un potenciómetro marca Hanna, el cual se calibró para enseguida ser sumergido en cada una de las cinco repeticiones para cada muestra y registrar la lectura.

#### **3.3.3. Fructosa**

El análisis fue realizado de acuerdo al método para azúcares reductores por DNS (ácido 3,5-dinitro-salicílico): a 1000  $\mu$ l de jugo extraído en tubo de ensaye, se adicionaron 1000  $\mu$ l de DNS, en una parrilla eléctrica se colocaron todos los tubos de ensaye en baño de agua en ebullición por 5 minutos, enseguida se detuvo la reacción en baño de hielo; finalmente se agregaron 5ml de H<sub>2</sub>O destilada y se tomó la lectura de absorbancia en un espectrofotómetro Genesys 10UV, a 540 nm para determinar el contenido de fructosa en base a curva de calibración.

### **3.4. ANTIOXIDANTES**

#### **3.4.1. Fenoles**

El análisis fue realizado de acuerdo a la metodología de Folín-Ciocalteau, por lo que a cada uno de los estándares y formulaciones previamente preparados se les adicionaron 250 µl de reactivo Folín Ciocateau y se homogeneizaron en vortex durante 5 segundos; se añadieron 125 µl de carbonato de sodio al 20% ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ), se homogeneizaron y se dejaron reposar durante 30 minutos.

Se tomó lectura de absorbancia en un espectrofotómetro Genesys 10UV, para determinar la concentración en porcentaje en base a curva de calibración de ácido gálico y ajustando el blanco a 760 nm.

#### **3.4.2. Flavonoides**

El análisis fue realizado de acuerdo a la metodología citada por Vázquez (2014), la cual indica que para 1000 µl de jugo extraído se adicionan 1250 µl de  $\text{H}_2\text{O}$  destilada, y enseguida 75 µl de  $\text{NaNO}_2$  al 5%, se deja reposar 5 minutos para después agregar 150 µl  $\text{AlCl}_3$  al 10% y reposar por 5 minutos más; se adicionan 500 µl de  $\text{NaOH}$  1M y 25 µl de  $\text{H}_2\text{O}$  para finalmente homogenizar en vortex y dejar reposar durante 30 minutos antes de leer la absorbancia en un espectrofotómetro Genesys 10UV, ajustando el blanco a 510 nm.

El contenido se calcula en porcentaje de acuerdo a curva de calibración, utilizando catequina como estándar.

### **3.5. Determinación de la Alfa-amilasa**

Primero se pesaron 0.0012gr de  $\alpha$ -amilasa marca sigma aforando a 10 ml de agua destilada y manteniendo por 10 minutos en baño de agua a una temperatura de 25°C antes de comenzar con el procedimiento.

Por cada 100  $\mu$ l de muestra en un tubo de ensaye se agregaron 100 $\mu$ l de buffer con pH7 y 100 $\mu$ l de solución de almidón al 1% para después homogenizar y añadir 100  $\mu$ l de alfa amilasa (pre-incubada) y pasar a someter a una incubación a 25°C por 30 minutos; posteriormente se agregaron 1000 $\mu$ l de DNS y nuevamente se homogenizaron, se colocaron en baño de agua en ebullición a una temperatura de 85°C durante 5 minutos, y se dejaron enfriar a temperatura ambiente; finalmente fueron añadidos 5.6 ml de agua destilada y la absorbancia fue leída a 540 nm en un espectrofotómetro Genesys 10UV.

Se utilizó como blanco la solución buffer de pH7 (con adición de la enzima hasta que se encontraba en el baño en ebullición) y un control en donde se utilizó agua destilada en lugar de muestra para calcular el porcentaje de inhibición de las muestras sobre la actividad de la enzima alfa amilasa.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. DETERMINACIÓN DE LUMINOSIDAD (L\*)

En la Figura 3 se muestra que la diferencia estadística de la prueba de luminosidad entre los tratamientos es altamente significativa, siendo que el nopal es el que presenta más luminosidad al poseer un color más claro (54.472), en cambio la pitaya obtuvo el valor menor en esta variable siendo el fruto de color más intenso (19.942), el análisis de varianza y la prueba de medias los encontramos en el Anexo1.

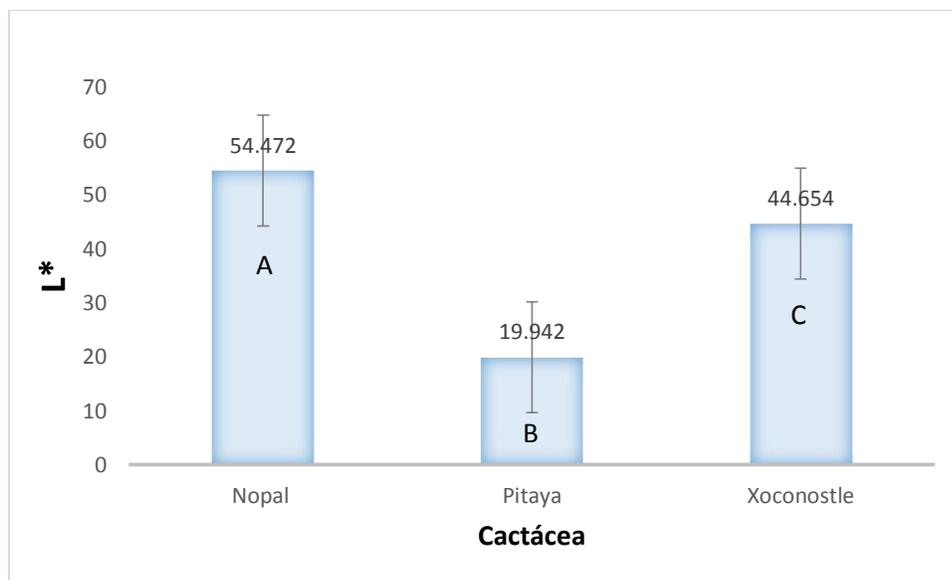


Figura 3. Medias de 5 repeticiones para la variable luminosidad en jugo de nopal pitaya y xoconostle (Tukey  $\alpha < 0.05$ )

En la gráfica anterior se observa que el nopal siendo una planta posee mayor valor en luminosidad que en comparación con los frutos que es la pitaya y xoconostle.

### 1.4.2. DETERMINACION DE pH

De acuerdo al análisis de varianza y a la prueba de medias de Tukey ( $\alpha < 0.05$ ) se observa una diferencia estadísticamente significativa en la variable de pH entre las tres cactáceas evaluadas (Figura 4).

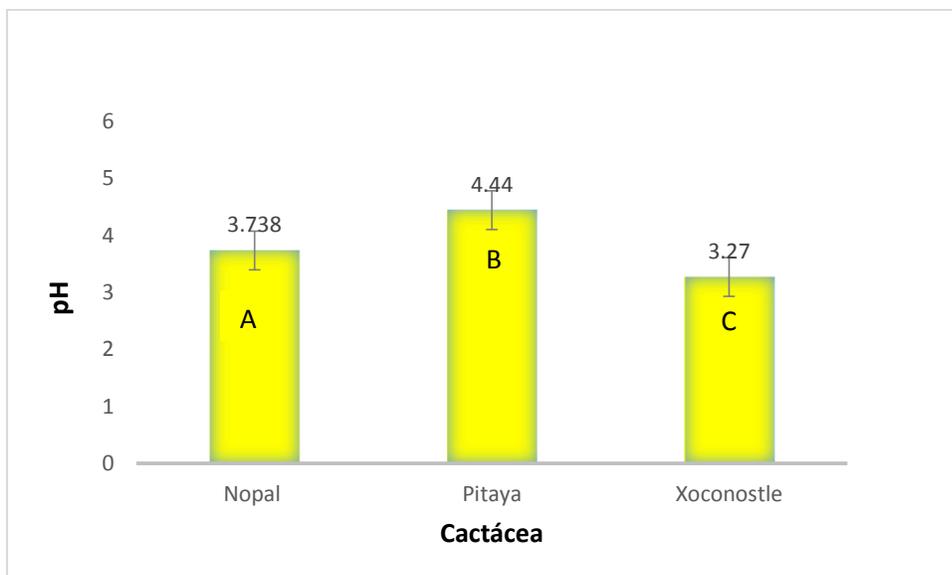


Figura 4. Gráfico de medias para pH en jugo de nopal, pitaya y xoconostle. Tukey ( $\alpha < 0.05\%$ )

El pH es el reflejo de la medida del grado de acidez o alcalinidad evaluado en estado líquido, como se realizó en los jugos de nopal, pitaya y xoconostle en esta investigación, teniendo valores similares a los encontrados por otros investigadores y que se presentan a continuación: haciendo el comparativo con el análisis de potencial antioxidante de Mohamed- Yasseental (1996) en tuna de *O. ficus- indica* se puede decir que los valores reportados se encuentran por debajo del encontrado en este fruto (4.82); mientras que el rango (2.68- 6.56) reportado para nopal por Vázquez A.M.L. (2014) donde realizó un análisis con diferentes métodos de extracción (prensa, extractor, licuadora, y nutribullet), se determina que el pH del nopal evaluado en este proyecto (3.73) está por arriba, lo que puede deberse a la variedad empleada en cada estudio.

Con respecto al pH encontrado en los jugos de los frutos evaluados, estos valores se pueden comparar con el estudio que se llevó a cabo por Jamilah (2011) en pitaya dragón (*Stenocereus queretaroensis*), donde encontró un valor de pH=5, siendo éste ligeramente mayor al obtenido en la pitaya en estudio (4.44), así se observa

que aún y no siendo de la misma variedad las características químicas de los frutos provenientes de cactáceas son similares.

### 4.3. DETERMINACION DE FRUCTOSA

Se observa en la Figura 5 una igualdad estadística entre el nopal con una concentración de 17.556% y la pitaya con un 16.936%, así como una diferencia estadística entre éstos y el xoconostle con una concentración de 11.468%; en el Anexo 3, se comprueban dichos valores en el ANOVA y la prueba de medias.

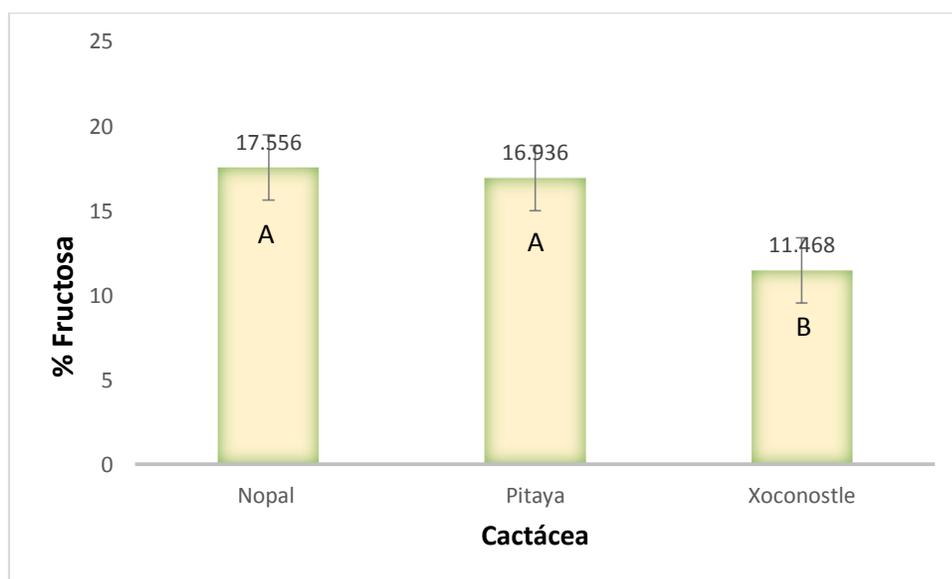


Figura 5. Promedio de cinco repeticiones para la variable fructosa en jugo de nopla, pitaya y xoconostle (Tukey  $\alpha < 0.05\%$ )

Johson (2013) menciona que el jugo de la fruta normalmente contiene altas concentraciones de fructosa, lo que aumentará los niveles de insulina, reduciendo la concentración de glucosa libre en sangre.

Los valores que se presentan en cuanto a fructosa en los jugos extraídos de nopal, pitaya y xoconostle reflejan una mayor cantidad de compuestos hipoglucemiantes, en comparación con lo obtenido por Nawirska y Kwasniewska (2005) en manzana

roja (11.7%), y por Febe (2009) en pitaya dragón (8.4%); en relación específica a los resultados de nopal, se tiene que el jugo obtenido presenta mayor contenido de fructosa (17.556%), que los encontrados por Vázquez A.M.L. (2014) al evaluar distintos métodos de extracción y que se encuentran entre: 1.52 y 2.35%. Las diferencias encontradas en la cantidad reportada de fructosa entre los jugos pueden deberse al método por el cual se realizó la extracción y a la variedad entre otros factores. En base a lo anterior se puede decir que los extractos de las cactáceas evaluadas en esta investigación pueden proporcionar un aumento de sustancias benéficas al ser ingeridos por el ser humano.

#### 4.4. ANTIOXIDANTES

##### 4.4.1. Determinación De Fenoles

El análisis estadístico de Tukey ( $\alpha < 0.05$ ) que fue aplicado para la determinación de fenoles muestra una diferencia significativa estadística entre los tres tratamientos. Se puede observar en el anexo 4 donde la media más alta la obtuvo la pitaya con un contenido de 0.9775%.

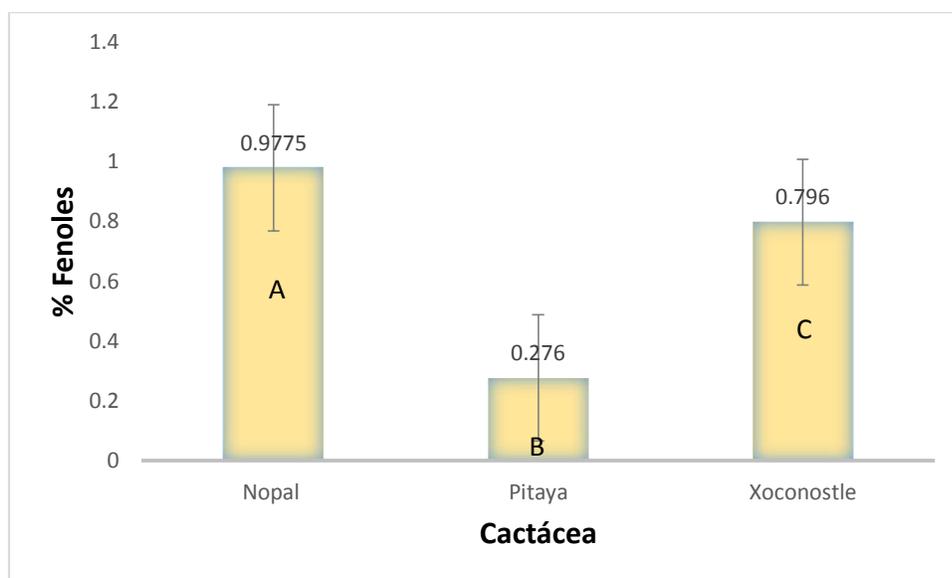


Figura 6. Gráfico de medias para concentración de fenoles en jugo de nopal, pitaya y xoconostle (Tukey  $\alpha < 0.05\%$ )

Los resultados obtenidos muestran un mayor contenido de fenoles en xoconostle y nopal que el encontrado por Amaya Cruz (2015) en jugo de guayaba (0.75%) lo que permite establecer que los jugos de estas dos cactáceas poseen una mayor capacidad antioxidante que el encontrado en otros frutos como los reportados por Moreno-Montoro (2014) en jugos de uva roja (0.11%) y uva blanca (0.07%).

El bajo contenido de fenoles en la pitaya (0.276%) puede deberse a la baja acidez que presenta el jugo, concordando con lo reportado por Serre (2016) en donde al evaluar la desacidificación de jugo de arándano encontró menores contenidos de fenoles conforme aumentaba el porcentaje de desacidificación, es decir a más altos valores de pH menor concentración de compuestos fenólicos.

#### **4.4.2. Determinación De Flavonoides**

En la Figura 7 se presenta igualdad estadística en la concentración de flavonoides entre los frutos evaluados que son la pitaya con un porcentaje de 0.934% y el xoconostle con un 0.946%, presentando ambos una mayor concentración, comparado a la cactácea que es el nopal con un contenido de 0.44% esto se denota que se encuentra una mayor cantidad de antioxidantes en los frutos que en la raqueta del nopal, de acuerdo del análisis de medias realizado (Anexo 5).

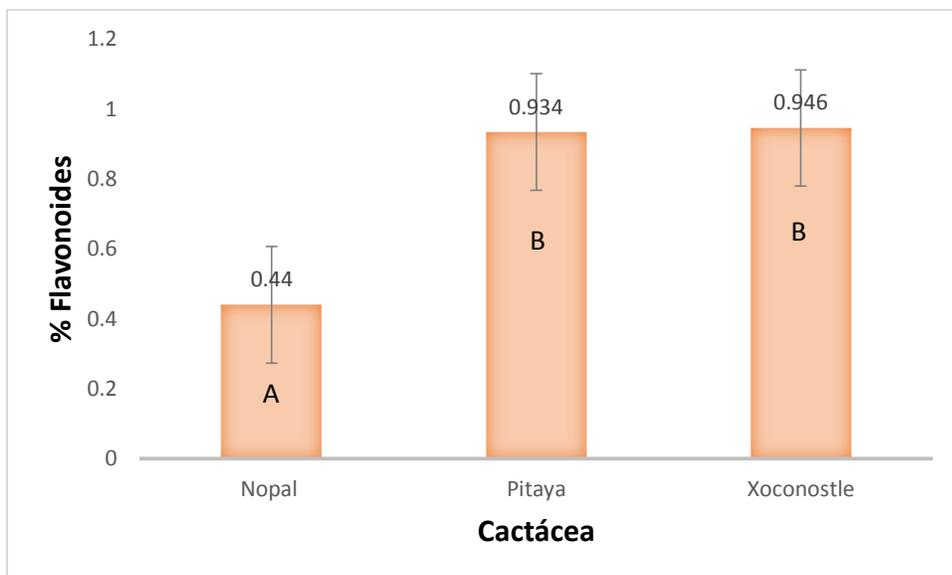


Figura 7. Comparativo de valores medios de flavonoides en jugo de nopal, pitaya y xoconostle (Tukey  $\alpha < 0.05\%$ )

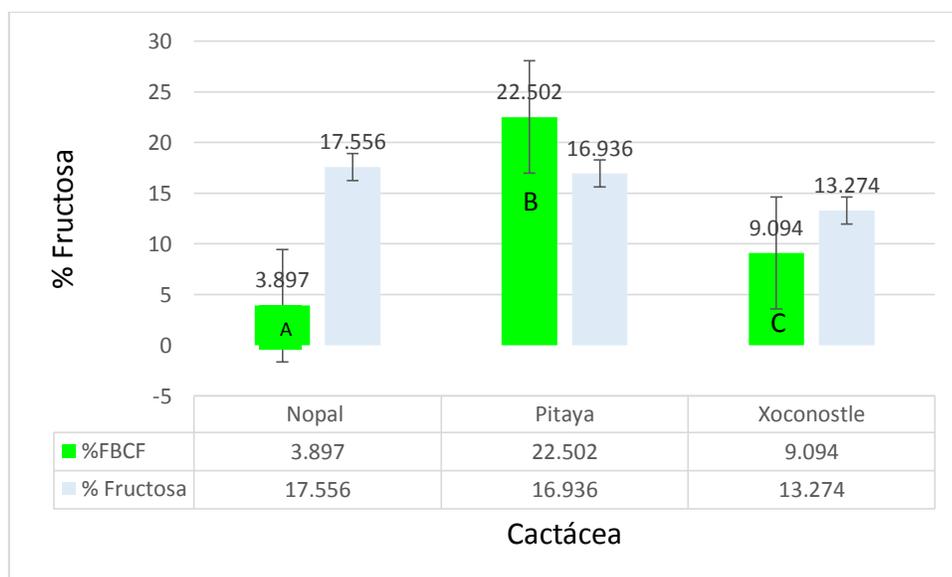
Los resultados obtenidos muestran un mayor contenido de flavonoides en jugos de nopal, pitaya y xoconostle que el encontrado por Amaya Cruz (2015) en jugos de durazno (0.39%) y guayaba (0.25%) lo que admite constituir que los jugos de estas tres cactáceas contienen una concentración mayor de sustancias antioxidantes.

De acuerdo a lo anterior la concentración de flavonoides en la pitaya evaluada se encuentra cercana a la reportada por Moreno.L.E.C (2015) con un contenido de 0.122 % en materia prima obtenida del mismo lugar.

De acuerdo con Ramírez M.M. (2015) sobre la cuantificación de flavonoides en una mezcla de jugos de tuna y nopal (0.49% de flavonoides) observamos que el jugo de nopal evaluado en este proyecto con un contenido de 0.44% se encuentra cercano al contenido de la mezcla antes mencionada; pero comparando los resultados de Ramírez con los jugos de la pitaya y el xoconostle, ambos están por arriba en la concentración de flavonoides, esto quiere decir que estas cactáceas contienen una gran cantidad de compuestos antioxidantes.

#### 4.5. DETERMINACIÓN IN VITRO DE FRUCTOSA BAJO CONDICIONES FISIOLÓGICAS

Los resultados de la prueba de fructosa bajo condiciones fisiológicas in vitro y en fruto fresco son presentados en la Figura 8 donde de acuerdo a la prueba de Tukey (Anexo 6) se señala una diferencia significativa estadística entre tratamientos.



**Figura 8.** Comparación de valores promedios de cinco repeticiones para el contenido de fructosa en jugo fresco y en presencia de alfa amilasa (Tukey  $\alpha < 0.05\%$ )

Como se observa en la Figura 6, se determinó una disminución de la concentración de fructosa disponible en los jugos de nopal y xoconostle en un 77.8% y 31.49% respectivamente, después de evaluarse bajo la acción de la alfa amilasa, en ambiente de pH 7 y temperatura de 25°C.

No se han encontrado en literatura resultados de este análisis por lo que brinda un posible tema de investigación.

#### 4.6. ÍNDICE DE INHIBICIÓN DE LA ALFA-AMILASA

En Figura 9 se observa una diferencia significativa estadística entre tratamientos de acuerdo al análisis del ANOVA y prueba de medias de Tukey que se corrobora en el Anexo 7; los resultados de los tres tratamientos son negativos, lo cual quiere decir que no se encontró inhibición de la enzima alfa amilasa por parte de ningún jugo extraído.

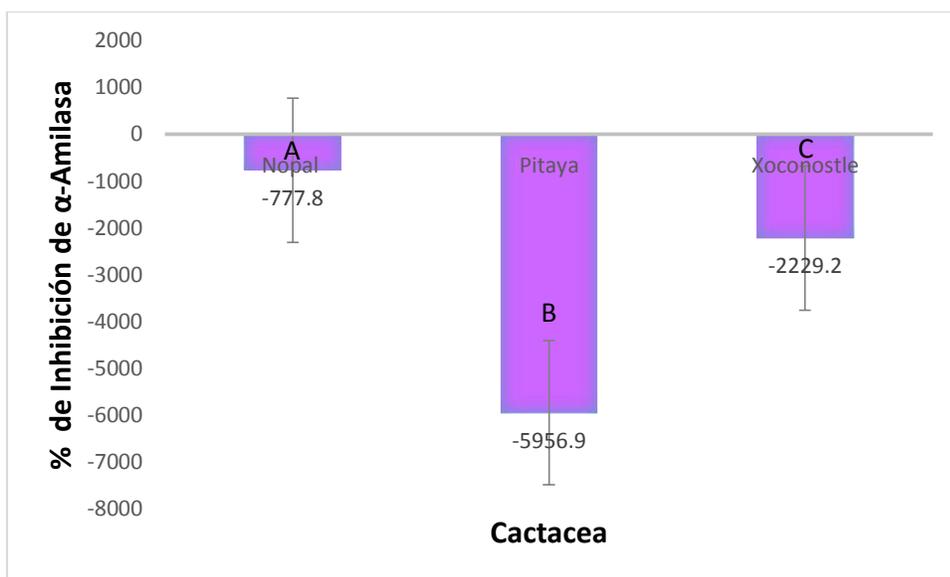


Figura 9. Gráfico de medias que muestran las diferencias en la inhibición de la enzima alfa-amilasa de los jugos de tres cactáceas (nopal, pitaya y xoconostle). (Tukey  $\alpha < 0.05\%$ )

Los resultados anteriores coinciden con los presentados por Sosa N. M. *et.al.*, (2002) en el extracto puro obtenido a partir de fresa, sin embargo al llevar a cabo el fraccionamiento del jugo, la presencia inhibitoria de la enzima alfa amilasa, fue encontrada en una de las fracciones; por lo tanto se sugiere fraccionar los jugos extraídos de las diferentes cactáceas y evaluar nuevamente esta variable.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIÓN**

Los resultados obtenidos para cada una de las determinaciones en este trabajo de investigación nos aprueban lo siguiente:

En primera instancia concluimos que la materia prima evaluada (nopal, pitaya y xoconostle) posee compuestos antioxidantes entre ellos fenoles y flavonoides.

El nopal presentó mayor concentración de fenoles a diferencia de los frutos pero en cambio los frutos poseen una mayor concentración de flavonoides.

En cuanto a la determinación de fructosa se encontró que los tres tratamientos son ricos en este monosacárido, pero al ser evaluados bajo condiciones fisiológicas in vitro (pH 7 y presencia de alfa-amilasa) el nopal y xoconostle reducen significativamente su contenido.

Por último se determinó que ninguno de los tres extractos inhibe la actividad de la enzima alfa-amilasa, por lo que se recomienda continuar con el estudio de los mismos para determinar el mecanismo hipoglucemiante.

## CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

A B, T. y otros, 2014. Los efectos de la elaboración de zumo de mora negra antioxidantes. Revista Química de alimentos, Noviembre.Volumen 4.

Castañeda , B., Castro Mata, R., Ibáñez L, R. & Mendoza , E., 2008. Estudio fotoquímico y farmacológico de 4 plantas con efecto hipoglicemiante. Revista Horizonte medico, julio.Volumen 8.

Chaves Ortiz , R., B I, R. & Vega, E., 2001. Insulina y drogas para el tratamiento de la diabetes. Revista de posgrado de la catedra VI Medicina , Volumen 4.

Cruz, B., 2014. Caracterización física y química de semillas de opuntias cultivadas. Ingeniería Química, Agosto.

Cruz, D. M. y otros, 2015. Jugo de subproductos como fuente de fibre dietética y antioxidantes y su efecto en la esteatosis hepática. Revista Alimentos Funcionales, 2 Junio.Volumen 12.

Domínguez Romero, E., 2010. Influencia de los tratamientos térmicos en la elaboración de productos untables. [En línea].

Drago Serrano , E., López López, M. & Sínz Espuñes, T., 2006. Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. Revista Científicos de America Latina y el Caribe, España y Portugal, Octubre-Diciembre.Volumen 37.

Durán , B. R., Rivera , B. & Franco , G. E., 2001. Apego al tratamiento farmacológico en pacientes con diagnóstico de diabetes mellitus tipo 2. Mayo-Junio.Volumen 43.

E, B. y otros, 2012. Salivary proteins: structure, function and mechanisms of action. Revista Habanera de ciencias médicas, Septiembre - Diciembre.Volumen 11.

Esquivel , P., 2004. Los frutos de las cactaceas y su potencial como materia prima. Revista Agronomía Mesoamericana, 8 Septiembre.Volumen 15.

Esquivel, O. O. y otros, 2011. Fenolicos, Betacianinas y la actividad antioxidante de los frutos de optima joconostle. Revista Investigación alimentaria internacional, 17 noviembre.Volumen 12.

Faria Gomes , W. y otros, 2016. Efectos de los ultrasonidos seguido por el procesamiento a alta presión sobre el jugo de arándano prebióticos. Revista Química de Alimentos, 31 Agosto.Volumen 218.

Flores Carrillo , M., Chávez Regalado, R., Rodríguez, C. P. & Romero López , R. E., 2012. El nopal. 4 marzo.

G C, I. & M C, P., 2006. Procesos tecnológicos. [En línea] Available at: <http://jupiter.utm.mx/tesis.dig/9867.pdf> [Último acceso: 27 Abril 2006].

Garza, A. L. & Campion , J., 2012. Efectos antidiabéticos de extractos de plantas naturales mediante la inhibición de las enzimas de hidrólisis de hidratos de carbono con énfasis en la alfa amilasa pancreática. Revista Opinión pericial sobre objetivos terapéuticos, 24 Febrero, Volumen 16, pp. 269-297.

Gasteiz, V., 2008. Guía de practica clínica sobre diabetes tipo2. Plan Nacional para el SNS del MSC.Agencia de evaluación de tecnologías sanirarias del país vasco , 17 Junio.

Gutiérrez Avella , D., Ortiz Garcia , C. & Medoza Cisneros , A., 2008. Medición de fenoles y actividad antioxidanteen malezas usadas para la alimentación. Revista Metrología, Octubre.Volumen 13.

Gutiérrez Esquivel, E. y otros, 2012. Plantas utilizadas en la medicina tradicional mexicana con propiedades antidiabéticas y antihipertensivas. Revista de las ciencias biológico agropecuario universidad michoacana de san nicolas de hidalgo, julio.Volumen 14.

Kuriki , T. & Manaka, T., 1999. The concept of the alfa-amylase familiy: structural similarity and common catalytic mechanism. Revista de biociencia y bioengineerjng, 19 Marzo.Volumen 87.

López Ramón , C. & Avalos Garcia , M. I., 2016. Towards the social perpective-oriented analysis of diabetes mellitus. Revista cubana de salud pública (Online), Abril.Volumen 39.

Marroquin , H., 2012. Utilizacion del nopal y otras cactaceas en la elaboración de fitofármacos y su importancia en la salud. Revista salud pública y nutrición, 18 enero.Volumen 4.

Moreno Montoro , M. y otros, 2014. Propiedades antioxidantes y antiradicales de jugo de arándano y extractos. Revista de composición y análisis de alimentos, 3 Noviembre .Volumen 4.

Oviedo Mota, M. A. & Espinosa Larrañaga, F., 2013. Guía clínica para el diagnóstico y tratamiento de la diabetes mellitus tipo2. Revista Médica del IMSS, Volumen 41.

Pérez Cruz, E., Serralde Zuñiga , A. & Meléndez Mirer, G., 2007. Efectos benéficos y deleteréos del consumo de fructosa. Revista Endocrinología y nutrición, Abril-Junio.Volumen 15.

Pineda Salgado , M. y otros, 2001. Estadísticas y causas de mortalidad en la diabetes tipo2. Mayo.Volumen 27.

Ramírez Montoya , M., 2015. Elaboración de la una bebida hipoglucemiante a partir de nopal y tuna blanca (opuntia ficus- indica). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro tesis .

Ramón , S., Ojeda Granados , C. & Panduro, A., 2013. Genetica y evolución de la alimentación de la población en México. Revista Endocrinología y nutrición, 9 Marzo .Volumen 21.

Rodríguez Ulloa, S. L. & Rodríguez Ulloa, E. M., 2007. Efecto de ingesta de physalis peruviana (aguaymanto) sobre la glicemia postprandial en adultos jóvenes. Revista Med Vallejana, 5 julio.Volumen 4.

Saravanan, S. & Parimelazhagan, T., 2014. En Antioxidante invitro propiedades antimicrobianas y antidiabéticos de polifenoles de passiflora ligularis juss pulpa de fruta. Revista Química de los Alimentos, 15 Mayo.Volumen 4.

Serre , E. y otros, 2016. Desacidificacion de jugo de arándano protege contra la interrupción de invitro integridad de la barrera de células intestinales. Revista Alimentos funcionales, 24 Junio.Volumen 26.

Tuomilehtolaakko, Lindstrom , J. & Eriksson , J., 2001. Changes in lifestyle subjects with impaired glucose tolerance. Revista The new england of medicine, Mayo.

Vázquez Alfaro , M. L., 2014. Evaluación de sustancias hipoglucemiantes en extracto de nopal (opuntia ficus-indica) en fresco y pasteurizado, obtenido mediante cuatro métodos de extracción. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro tesis, Noviembre .

Vázquez Cardeño , A. y otros, 2007. Actividad antioxidante y contenido total de fenoles de los extractos etanolicos de salvia oratocensis salviasochensis, biodensreptons y montanoaovalifolia. revista Scientia et technica, 25 Mayo.Volumen 15.

<http://www.biologia.edu.ar/diversidadv/fascIII/5.%20Cactaceae.pdf>

[http://bva.colech.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/HASH01036c0d6acfb\\_ebcdb2ceedb/doc.pdf?sequence=28](http://bva.colech.edu.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/HASH01036c0d6acfb_ebcdb2ceedb/doc.pdf?sequence=28)

[http://www.seduma.yucatan.gob.mx/biodiversidad-yucatan/03Parte2/Capitulo4/01Diversidad vegetal/03Plantas vasculares/17Cactaceas.pdf](http://www.seduma.yucatan.gob.mx/biodiversidad-yucatan/03Parte2/Capitulo4/01Diversidad%20vegetal/03Plantas%20vasculares/17Cactaceas.pdf)

[www.copocyt-divulgacion.gob.mx/conecta2/index.php/16-sabias.../93-cactaceas01pdf](http://www.copocyt-divulgacion.gob.mx/conecta2/index.php/16-sabias.../93-cactaceas01pdf)

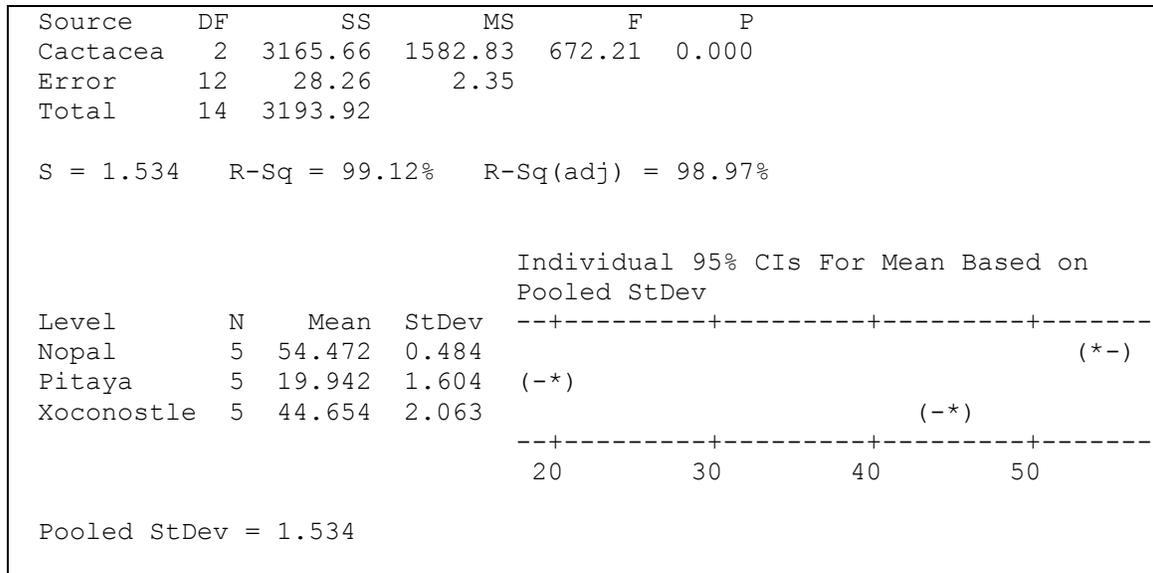
<https://farmacomedia.files.wordpress.com/2010/03/apunte-farmacos-hipoglucemiantes.pdf>

## CAPÍTULO VII. ANEXOS

### A) ANÁLISIS DE VARIANZA y PRUEBA DE MEDIAS

#### Anexo 1. Luminosidad L\*

#### ANOVA



#### Prueba De Tukey

Grouping Information Using Tukey Method

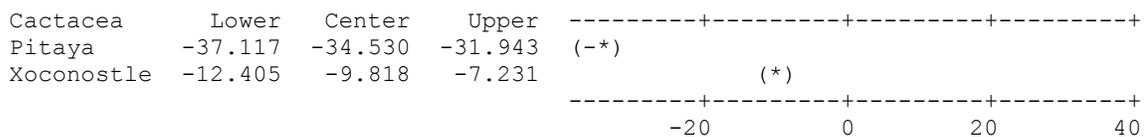
Cactacea	N	Mean	Grouping
Nopal	5	54.472	A
Xoconostle	5	44.654	B
Pitaya	5	19.942	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals  
All Pairwise Comparisons among Levels of Cactacea

Individual confidence level = 97.94%

Cactacea = Nopal subtracted from:



Cactacea = Pitaya subtracted from:



## Anexo2. PH

### ANOVA

Source	DF	SS	MS	F	P
Cactacea	2	3.4679	1.7339	72.94	0.000
Error	12	0.2853	0.0238		
Total	14	3.7532			

S = 0.1542    R-Sq = 92.40%    R-Sq(adj) = 91.13%

Level	N	Mean	StDev
Nopal	5	3.7380	0.0687
Pitaya	5	4.4400	0.0894
Xoconostle	5	3.2700	0.2421

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Pooled StDev = 0.1542

### Prueba de Tukey

Grouping Information Using Tukey Method

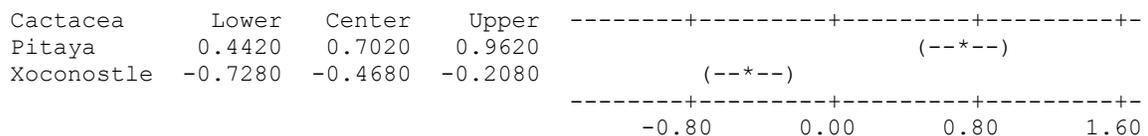
Cactacea	N	Mean	Grouping
Pitaya	5	4.4400	A
Nopal	5	3.7380	B
Xoconostle	5	3.2700	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals  
All Pairwise Comparisons among Levels of Cactacea

Individual confidence level = 97.94%

Cactacea = Nopal subtracted from:



Cactacea = Pitaya subtracted from:

Cactacea	Lower	Center	Upper	-----+-----+-----+-----+-
Xoconostle	-1.4300	-1.1700	-0.9100	(--*---)
				-----+-----+-----+-----+-
				-0.80      0.00      0.80      1.60

### Anexo 3. Análisis Estadístico para Fructosa

#### ANOVA

Source	DF	SS	MS	F	P
Cactacea	2	96.36	48.18	6.82	0.012
Error	11	77.75	7.07		
Total	13	174.12			

S = 2.659    R-Sq = 55.34%    R-Sq(adj) = 47.23%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
Nopal	5	17.556	3.671
Pitaya	5	16.936	2.359
Xoconostle	4	11.468	0.729

Pooled StDev = 2.659

#### Prueba de Tukey

Grouping Information Using Tukey Method

Cactacea	N	Mean	Grouping
Nopal	5	17.556	A
Pitaya	5	16.936	A
Xoconostle	4	11.468	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals  
All Pairwise Comparisons among Levels of Cactacea

Individual confidence level = 97.94%

Cactacea = Nopal subtracted from:

Cactacea	Lower	Center	Upper
Pitaya	-5.162	-0.620	3.922
Xoconostle	-10.906	-6.088	-1.271

Cactacea = Pitaya subtracted from:

Cactacea	Lower	Center	Upper
Xoconostle	-10.286	-5.468	-0.651

## Anexo 4. Analisis Estadístico para Fenoles

### ANOVA

Source	DF	SS	MS	F	P
Cactacea	2	1.23292	0.61646	142.12	0.000
Error	11	0.04772	0.00434		
Total	13	1.28064			

S = 0.06586    R-Sq = 96.27%    R-Sq(adj) = 95.60%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
Nopal	4	0.9775	0.1037
Pitaya	5	0.2760	0.0594
Xoconostle	5	0.7960	0.0182

Pooled StDev = 0.0659

### Prueba de Tukey

Grouping Information Using Tukey Method

Cactacea	N	Mean	Grouping
Nopal	4	0.97750	A
Xoconostle	5	0.79600	B
Pitaya	5	0.27600	C

Means that do not share a letter are significantly different.  
 Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals  
 All Pairwise Comparisons among Levels of Cactacea

Individual confidence level = 97.94%  
 Cactacea = Nopal subtracted from:

Cactacea	Lower	Center	Upper
Pitaya	-0.82084	-0.70150	-0.58216
Xoconostle	-0.30084	-0.18150	-0.06216

Cactacea	Lower	Center	Upper
Pitaya	-0.82084	-0.70150	-0.58216
Xoconostle	-0.30084	-0.18150	-0.06216

Cactacea = Pitaya subtracted from:

Cactacea	Lower	Center	Upper
Xoconostle	0.40749	0.52000	0.63251

Cactacea	Lower	Center	Upper
Xoconostle	0.40749	0.52000	0.63251

## Anexo 5. Análisis Estadístico para Flavonoides

### ANOVA

Source	DF	SS	MS	F	P
Cactacea	2	0.83369	0.41685	45.21	0.000
Error	12	0.11064	0.00922		
Total	14	0.94433			

S = 0.09602    R-Sq = 88.28%    R-Sq(adj) = 86.33%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
Nopal	5	0.4400	0.0245
Pitaya	5	0.9340	0.1509
Xoconostle	5	0.9460	0.0654

Pooled StDev = 0.0960

### Prueba de Tukey

Grouping Information Using Tukey Method

Cactacea	N	Mean	Grouping
Xoconostle	5	0.94600	A
Pitaya	5	0.93400	A
Nopal	5	0.44000	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals  
All Pairwise Comparisons among Levels of Cactacea

Individual confidence level = 97.94%

Cactacea = Nopal subtracted from:

Cactacea	Lower	Center	Upper
Pitaya	0.33211	0.49400	0.65589
Xoconostle	0.34411	0.50600	0.66789

Cactacea = Pitaya subtracted from:

Cactacea	Lower	Center	Upper
Xoconostle	-0.14989	0.01200	0.17389

## Anexo 6. Análisis Estadístico para % FBCF

### ANOVA

Source	DF	SS	MS	F	P
Cactacea	2	854.070	427.035	1206.17	0.000
Error	11	3.894	0.354		
Total	13	857.965			

S = 0.5950    R-Sq = 99.55%    R-Sq(adj) = 99.46%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev
Nopal	4	3.897	0.092
Pitaya	5	22.502	0.903
Xoconostle	5	9.094	0.390

Pooled StDev = 0.595

### Prueba de Tukey

Grouping Information Using Tukey Method

Cactacea	N	Mean	Grouping
Pitaya	5	22.502	A
Xoconostle	5	9.094	B
Nopal	4	3.897	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals  
All Pairwise Comparisons among Levels of Cactacea

Individual confidence level = 97.94%

Cactacea = Nopal subtracted from:

Cactacea	Lower	Center	Upper
Pitaya	17.526	18.605	19.683
Xoconostle	4.118	5.197	6.275

Cactacea = Pitaya subtracted from:

Cactacea	Lower	Center	Upper
Xoconostle	-14.424	-13.408	-12.392

## Anexo 7. Analisis Estadístico para % Alfa-Amilasa

### ANOVA

Source	DF	SS	MS	F	P
Cactacea	2	66141422	33070711	1268.84	0.000
Error	11	286701	26064		
Total	13	66428123			

S = 161.4    R-Sq = 99.57%    R-Sq(adj) = 99.49%

Level	N	Mean	StDev
Nopal	4	-777.8	15.4
Pitaya	5	-5956.9	227.8
Xoconostle	5	-2229.2	140.0

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	Lower CI	Upper CI
Nopal		(*)
Pitaya	(*)	
Xoconostle		(*)

Pooled StDev = 161.4

### Prueba de Tukey

Grouping Information Using Tukey Method

Cactacea	N	Mean	Grouping
Nopal	4	-777.8	A
Xoconostle	5	-2229.2	B
Pitaya	5	-5956.9	C

Means that do not share a letter are significantly different.

Tukey 95% Simultaneous Confidence Intervals

All Pairwise Comparisons among Levels of Cactacea

Individual confidence level = 97.94%

Cactacea = Nopal subtracted from:

Cactacea	Lower	Center	Upper
Pitaya	-5471.6	-5179.1	-4886.6
Xoconostle	-1744.0	-1451.4	-1158.9

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	Lower CI	Upper CI
Pitaya	(*)	
Xoconostle		(*)

Cactacea = Pitaya subtracted from:

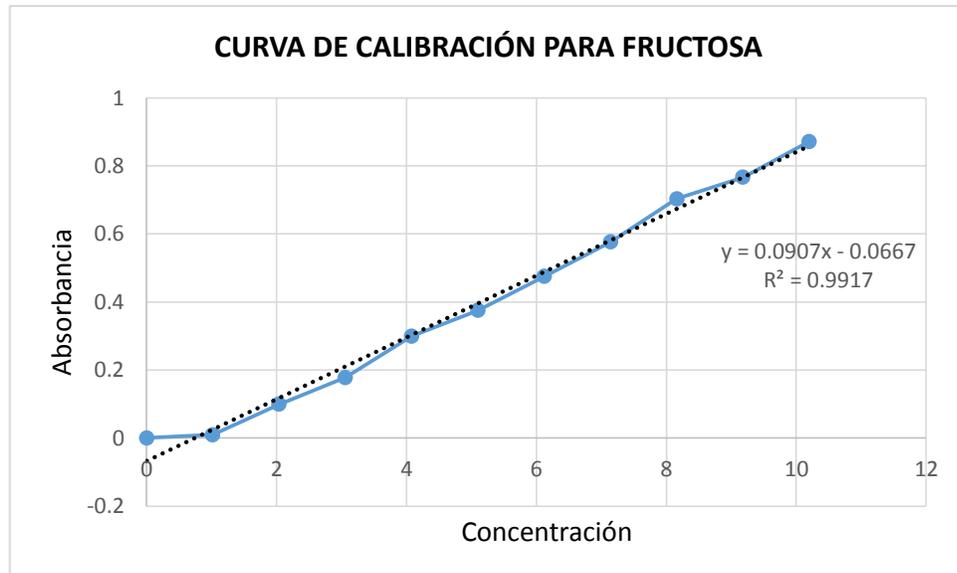
Cactacea	Lower	Center	Upper
Xoconostle	3451.8	3727.7	4003.5

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

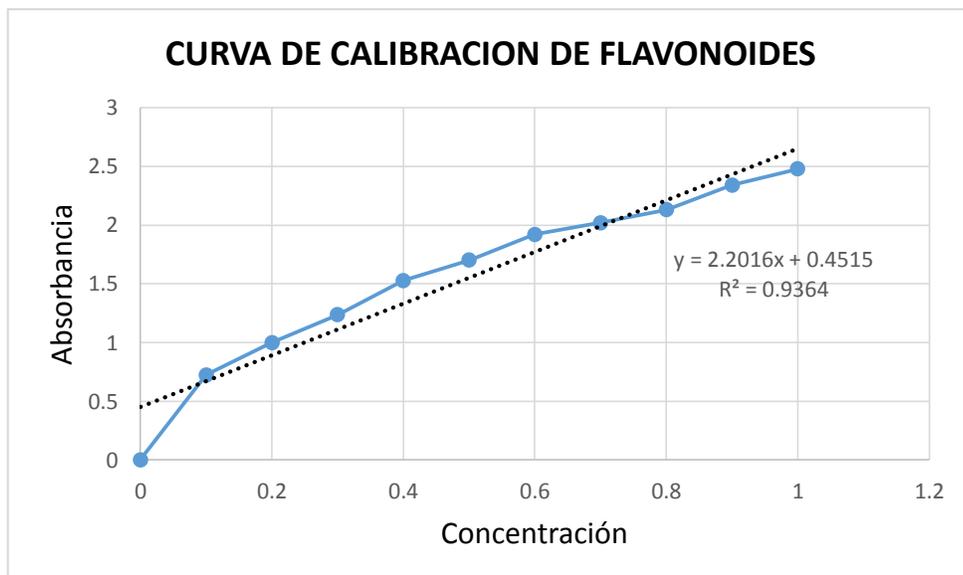
Level	Lower CI	Upper CI
Xoconostle		(*)

## B) CURVAS DE CALIBRACION

### Anexo 8. Curva de Calibración Para La Determinación De Fructosa.



### Anexo 9. Curva de Calibración Para La Determinación De Flavonoides



## Anexo 10. Curva de Calibración Para Fenoles

