

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



**DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL, ACTIVIDAD
ANTIOXIDANTE E HIPOGLUCEMIANTE DEL BOTÓN FLORAL DE PALMA DE
COATECO (*Cryosophila nana*).**

Por:

Mely Trinidad Olivera Triste

TESIS

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Buenavista, Saltillo Coahuila, México

Mayo 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIA TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

**DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN NUTRIMENTAL, ACTIVIDAD
ANTIOXIDANTE E HIPOGLUCEMIANTE DEL BOTÓN FLORAL DE PALMA DE
COATECO (*Cryosophila nana*).**

TESIS

POR:

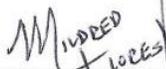
MELY TRINIDAD OLIVERA TRISTE

Elaborada bajo la supervisión del comité de asesoría y aprobada como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

APROBADA:

Por el Comité de Asesoría



MC. Mildred Inna Marcela Flores Verástegui

Asesor principal



Dra. Dolores Gabriela Martínez Vázquez

Coasesor



Dr. Mario Alberto Cruz Hernández



Coasesor

Dr. José Duñez Alanís

Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo Coahuila, México, Mayo 2018

AGRADECIMIENTOS

Me llena de orgullo y satisfacción el poder expresar en éstas líneas mis agradecimientos a todas las personas que me apoyaron e inspiraron para que fuera posible llevar a cabo ésta tesis que siempre fue un sueño y ahora es una realidad.

Primeramente doy gracias a Dios por darme la fortaleza y sabiduría para concluir ésta etapa de mi vida de manera satisfactoria.

A mi Alma Mater la "Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro" por ser tan generosa y abrirme sus puertas durante estos años para que así como otros compañeros yo también pudiera cumplir mi sueño de ser ingeniero.

Al departamento de ciencia y tecnología de alimentos por el cálido recibimiento y apoyo durante mi estadía.

***MC. Diana Isela Rodríguez Duron:** mi gratitud y cariño por su profesionalidad y compromiso con la enseñanza, por ser una amiga en quien confiar, por enseñarme a jamás darme por vencida y defender con carácter mis ideales, pero sobre todo por tener ese lado humano que pocos poseen, siempre he admirado su gran labor con los animales desamparados, ahora sé que los mejores maestros enseñan con el corazón. Gracias por tanto.*

*A la **Dra. Xóchitl Ruelas Chacón** por su entrega, dedicación y apoyo incondicional con los estudiantes, siempre tendré en mente todas sus enseñanzas para jamás rendirme ante cualquier situación y defender mis ideales. Gracias por todo el apoyo brindado.*

*Un especial y sincero reconocimiento a la directora de tesis la **MC. Mildred Inna Marcela Flores Verástegui**, por el apoyo brindado con gran entusiasmo, por compartir sus conocimientos para poder realizar éste proyecto y por estar siempre en la mejor disposición de ayudar, le agradezco infinitamente su orientación y la confianza depositada en mí, usted es un ejemplo de compromiso y responsabilidad maestra. Muchas gracias.*

DEDICATORIA

*A las personas más importantes en mi vida, quienes me han inspirado y han sido mi fuente de fortaleza, mi mamá **Mely Triste Ramírez** y mi mamá **Miriam Rosario Olivera Triste**; saben que les dedico todos mis logros, me han enseñado a tener carácter y fuerza para enfrentar situaciones difíciles que se nos presentan, a jamás darme por vencida y mantener la frente siempre en alto; gracias por sus consejos y apoyo incondicional, gracias por confiar siempre en mí y por jamás dejarme sola. Las amo inmensamente.*

*A mi papá el señor **Nicolas René Olivera** porque es el ángel que me cuida desde el cielo y me da fuerzas para seguir adelante, porque nos enseñaste a trabajar y a hacer las cosas bien, con el corazón, eres un ejemplo de ser humano y siempre seguiré tus pasos para llegar a ser una gran persona como tú. Te llevaré por siempre en el corazón.*

*A mi hermana **Aylín Olivera Triste** por estar siempre a mi lado, por ser ejemplo de dedicación, fuerza y responsabilidad, a pesar de tu corta edad sabes enfrentar la vida con carácter y sin rendirte ante la adversidad, te admiro mucho mani y siempre estaré para apoyarte.*

*A mi tía, la **Ing. Guillermina Olivera Triste**, por sus consejos y apoyo incondicional, usted es una fuente de inspiración para no rendirse ante las situaciones difíciles de la vida, es un ejemplo de bondad, gracias por estar conmigo durante mi estancia de prácticas profesionales y ayudarme a concluir la etapa de manera satisfactoria, este proyecto también es parte de usted, gracias por todo tía.*

*A mi novio, **Luis Carlos Gallegos Estrella**, por tu apoyo incondicional, tu confianza, tu amor, tus palabras de aliento, por estar siempre a mi lado ayudándome a superar obstáculos, por darle esa chispa de alegría a mi vida, y por no dejarme caer nunca, gracias amor. Te amo*

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	ii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE GENERAL	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN	ix
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.2 HIPÓTESIS	3
1.3 OBJETIVOS.....	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO	5
2.1 DIABETES.....	5
2.2 IMPLICACIONES ECONÓMICAS	6
2.3 TRATAMIENTOS.....	6
2.3.1 Métodos Convencionales.....	7
2.3.2 Métodos Alternativos	8
2.4 CONTROL POR INHIBICIÓN ENZIMÁTICA	9
2.4.1 α -amilasa	9
2.4.2 α –glucosidasa	10
2.4.4 Inhibición.....	10
2.4.4.1 Extractos vegetales con inhibición enzimática	11
2.5 FLORES COMESTIBLES CON POTENCIAL ANTIDIABÉTICO	13
2.5.1 Flor de Palma de Coateco (<i>Cryosophila nana</i>).....	14
2.5.1.1 Distribución geográfica.....	14
2.5.1.2 Clasificación taxonómica.....	15

2.5.1.3 Descripción general	16
2.5.1.4 Usos tradicionales	17
CAPÍTULO III	18
MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1 MATERIAL BIOLÓGICO	18
3.2 PRESERVACIÓN	18
3.3 ANÁLISIS PROXIMAL	19
3.4 OBTENCIÓN EXTRACTOS ACUOSOS	21
3.5 DETERMINACIÓN DE ANTIOXIDANTES	21
3.6 ANÁLISIS DE INHIBICIÓN ENZIMÁTICA	22
3.7 ESQUEMATIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN TRES ETAPAS	23
3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	26
CAPÍTULO IV	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
4.1 RESULTADOS PARA EL FACTOR ALMACENAMIENTO	27
4.1.1 Análisis Proximal	27
4.1.2 Análisis de Antioxidantes e Inhibición Enzimática	28
4.2 RESULTADOS PARA EL FACTOR TRATAMIENTO TÉRMICO	30
4.2.1 Análisis Proximal	30
4.2.2 Análisis de Antioxidantes e Inhibición Enzimática	31
4.3 RESULTADOS PARA LA INTERACCIÓN DE LOS FACTORES ALMACENAMIENTO-TRATAMIENTO TÉRMICO	34
4.3.1 Análisis Proximal	34
4.3.2 Análisis de Antioxidantes	35
4.3.3 Análisis de Inhibición Enzimática	36
CAPÍTULO V	37
CONCLUSIONES	37
CAPÍTULO VI	38
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
ANEXOS	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura tridimensional de la α-amilasa.....	10
Figura 2 Distribución geográfica en la República Mexicana de la palma de coateco.....	15
Figura 3 Palma de coateco.....	16
Figura 4 Botón floral de palma de coateco.....	16
Figura 5 Botón floral hervido.....	17
Figura 6 Botón floral en escabeche.....	17
Figura 7 Diagrama de flujo de la preparación y preservación de las muestras a evaluar.....	23
Figura 8 Diagrama de flujo para la realización del análisis proximal.....	24
Figura 9 Diagrama de flujo para la elaboración de extractos, determinación de fenoles e inhibición enzimática.....	25
Figura 10 Gráfico de concentración en porcentaje de nutrientes por cada interacción.....	34
Figura 11 Gráfico de concentración de fenoles por cada interacción.....	35
Figura 12 Gráficos de porcentaje de inhibición enzimática por cada interacción.....	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Plantas medicinales y productos derivados comercializados como antidiabéticos en Buenos Aires-La Plata Argentina.....	12
Tabla 2 Prueba de Tukey HSD para almacenamiento en análisis proximal.....	27
Tabla 3 Prueba de Tukey HSD para almacenamiento en análisis de antioxidantes e inhibición enzimática.....	28
Tabla 4 Prueba de Tukey HSD para tratamiento térmico en análisis proximal.....	30
Tabla 5 Prueba de Tukey HSD para tratamiento térmico en análisis de antioxidantes e inhibición enzimática.....	31

RESUMEN

La diabetes mellitus es una enfermedad crónica que se presenta cuando los niveles de azúcar (glucosa) en la sangre son muy elevados, es causada por factores genéticos, la obesidad, los malos hábitos alimenticios, entre otros. Es la segunda causa de mortalidad en México; debido al gran impacto social y económico que genera se han buscado alternativas para sobrellevar la enfermedad y con ello tener una mejor calidad de vida.

Debido a lo anterior la presente investigación está enfocada al análisis y determinación de la información nutrimental, actividad antioxidante e hipoglucemiante de los botones de palma de coateco (*Cryosophila nana*) con el fin de comprobar la funcionalidad del producto y poderlo utilizar como materia prima o como alimento funcional para ayudar al tratamiento de la diabetes mellitus tipo II.

Los tratamientos se evaluaron mediante dos factores: el tipo de almacenamiento y la aplicación de tratamiento térmico; en cuanto al tipo de almacenamiento los botones de palma de coateco se conservaron a temperatura ambiente y en congelación a -18°C teniendo diferencia significativa en cuatro de las seis variables de respuesta (humedad, materia seca, minerales y carbohidratos), en lo que respecta a los fenoles totales e inhibición de enzimas las tres variables tuvieron diferencia significativa siendo el almacenamiento a temperatura ambiente el ideal para potenciar los contenidos de fenoles totales e inhibición de alfa-amilasa, mientras que el conservar en congelación ayuda a potenciar la inhibición de alfa-glucosidasa. Con respecto al factor tratamiento térmico, cinco de las seis variables tuvieron diferencia estadísticamente significativa (humedad, materia seca, cenizas, grasa y carbohidratos), los fenoles totales no tuvieron diferencia estadística pero si una diferencia numérica del 2.077% favoreciendo a la aplicación de tratamiento térmico, las variables de respuesta alfa-amilasa y alfa-glucosidasa tuvieron diferencia significativa obteniéndose un mejor porcentaje de inhibición sin la aplicación de calor.

Palabras clave: diabetes mellitus, alfa-amilasa, alfa-glucosidasa, hipoglucemiante, *Cryosophila nana*.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La diabetes mellitus es una enfermedad crónica degenerativa de causas múltiples, se puede presentar en niños y adultos, la diabetes se caracteriza por presentar niveles elevados de glucosa en la sangre y se origina cuando el páncreas deja de producir insulina, no produce la suficiente o el organismo no la utiliza con eficacia.

Existen 3 tipos de diabetes:

Diabetes tipo 1: también denominada diabetes insulino dependiente porque los pacientes deben estar suministrando insulina regularmente para mantenerse con vida, en la mayoría de los casos no existe la síntesis de insulina, no se puede prevenir ni retroceder.

Diabetes tipo 2: la mayoría de los pacientes con este tipo de diabetes no han llevado un estilo de vida saludable y desarrollan la enfermedad, de un 100% de la población diabética el 85% tienen éste tipo de diabetes.

Diabetes gestacional: solo se presenta durante el embarazo, es pasajera porque se desarrolla y desaparece junto con el embarazo.

Según datos de la OMS en el año 1980, 108 millones de adultos en todo el mundo tenían diabetes pero en el 2014 ésta cifra se incrementó llegando a los 422 millones de adultos con éste padecimiento pasando del 4.7% al 8.5% de la población adulta.

Conforme avanza la enfermedad va deteriorando y dañando el corazón, vasos sanguíneos, ojos, riñones y nervios, se pueden desarrollar diversas consecuencias con la enfermedad, como infartos al miocardio y neuropatías, así como insuficiencia renal.

Algunas medidas de prevención están relacionadas con el estilo de vida, mantener el peso corporal, una dieta saludable, realizar ejercicio frecuentemente y evitar el uso de tabaco. Existen diversos tratamientos farmacéuticos para tratar ésta enfermedad pero también existen los métodos alternativos como el uso tradicional

de plantas medicinales para que los pacientes puedan tener una mejor calidad de vida.

1.1 JUSTIFICACIÓN

Cryosophila nana es una palma espinosa conocida en la región de la costa de Oaxaca como palma de coateco, palo de escoba o zoyamiche.

Ésta palma se desarrolla en la vertiente del pacífico, en el estado de Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco, Nayarit y Sinaloa de 0 a 1700 msnm, con clima cálido sub húmedo y diversos tipos de suelos, rocosos pobres y ricos variados.

En el estado de Oaxaca específicamente en la agencia de San Andrés Copala perteneciente al municipio de San Pedro Mixtepec se le conoce al botón de la flor de palma de coateco (*Cryosophila nana*) como "hijitos de coateco"; la palma se encuentra de manera natural o nativa en el municipio y por ende no necesita manejos agronómicos especializados ni cuidados estrictos para poder llegar a la floración, los "hijitos de coateco" son un producto al alcance de toda la población porque las personas los tienen en sus casas o terrenos y se consumen en determinada época del año cuando la flor está en botón.

La manera común o tradicional de consumir los "hijitos de coateco" es sometiéndolos a un proceso térmico ya sea hervidos o al vapor y se incluyen dentro de la dieta normal de los pobladores; de acuerdo a los testimonios de adultos mayores del lugar los "hijitos de coateco" poseen propiedades que ayudan a controlar la diabetes y por ello los recomiendan a personas que tienen éste padecimiento.

La palma de coateco (*Cryosophila nana*) es una especie de gran importancia cultural y económica pues constituye un recurso forestal no maderable que suministra satisfactores a la población rural como fuente de material natural para la elaboración de objetos artesanales y en construcción de viviendas, además que los "hijitos de coateco" se consumen de manera habitual y juegan un papel importante dentro de la alimentación de la población de la costa Oaxaqueña; la importancia de ésta palma se debe a que se encuentra en terrenos cercanos al

poblado o en los patios de las viviendas estas características hacen que el precio del producto sea más accesible.

Los "hijitos de coateco" son considerados un alimento básico dentro de la dieta de los pobladores aunado a esto su consumo se ha incrementado debido a que se le atribuyen propiedades medicinales que ayudan a las afecciones causadas por la diabetes.

Los testimonios de adultos mayores de la población de San Andrés Cópala afirman que los "hijitos de coateco" son una buena fuente de alimentación para mantenerse sano y ayudar a controlar los problemas con la diabetes, debido a esto surgió la inquietud de realizar éste trabajo de investigación para determinar la información nutrimental del producto así como su capacidad antioxidante e inhibición de las enzimas alfa-amilasa y alfa-glucocidasa, se le aplicaron los siguientes tratamientos a los "hijitos de coateco" : congelado, temperatura ambiente, congelados hervidos y a temperatura ambiente hervidos.

Es de gran importancia erradicar o ayudar a controlar la diabetes porque es uno de los problemas sanitarios con mayor trascendencia en el mundo, tanto por su enorme frecuencia como por su repercusión social y económica, la razón por la que la diabetes es un problema es la presentación de complicaciones tales como la ceguera, amputaciones de miembros y causante de insuficiencia renal, por ello es importante dar a conocer alternativas naturales y abrir un campo de buenas Y mejores opciones para controlar ésta enfermedad y con ello ayudar a contribuir con el desarrollo y la economía de las zonas rurales.

1.2 HIPÓTESIS

Los botones florales de la palma de coateco poseen actividad antioxidante e hipoglucemiante.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Determinar la composición nutrimental mediante análisis proximal, actividad antioxidante cuantificando los fenoles totales y la actividad hipoglucemiante analizando a alfa-amilasa y alfa glucosidasa.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Determinar la composición nutrimental de los botones florales de palma de coateco (*Cryosophila nana*) mediante análisis proximal de Weende.
2. Evaluar el efecto de la aplicación de tratamiento térmico en los botones florales.
3. Determinar la actividad antioxidante de los botones florales mediante la técnica de espectrofotometría.
4. Evaluar la capacidad hipoglucemiante mediante la inhibición enzimática de alfa-amilasa y alfa-glucosidasa.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 DIABETES

La diabetes es una enfermedad grave y crónica que se desencadena cuando el páncreas no produce suficiente insulina y se asocia con la afección de órganos incluyendo el corazón, vasos sanguíneos, ojos y riñones entre otros, además es un factor que condiciona el desarrollo de enfermedades del corazón; unos 422 millones de personas en todo el mundo padecen diabetes, se estima que en los próximos 20 años ésta cifra se duplicará, representando la diabetes tipo 2 el 90% de los casos mundiales, de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (2016). De acuerdo a la literatura, existen tres tipos de diabetes, que se describen a continuación:

En primer lugar la diabetes gestacional, es definida como cualquier intolerancia a los carbohidratos presentada durante la etapa del embarazo, (Medina Pérez, et al., 2017) que se revierte después del parto la mayoría de las veces.

Por otro lado, la diabetes tipo 1 es una enfermedad crónica y es también denominada como juvenil o insulino dependiente, caracterizada por la ausencia de la síntesis de insulina (OMS 2018), principalmente en la población infantojuvenil (Montoya-Castilla, 2015); su principal característica es la destrucción autoinmune de las células β del páncreas (Rojas de P., et al., 2012).

El último tipo reportado se conoce como diabetes tipo dos, llamada también diabetes no insulino dependiente, que en la mayoría de los casos se presenta en adultos mayores de 30 años; este tipo se origina por las incapacidades del organismo para utilizar la insulina de manera correcta, algunos factores que la causan son el sobrepeso y la falta de actividad física (OMS 2018). En algunas ocasiones las personas pueden controlar la glucosa en sangre por medio de una buena alimentación y realizando ejercicio de manera frecuente, además del tratamiento con medicamentos o productos alternativos. (American Diabetes Association 2018).

Uno de los factores más alarmantes y que preocupa a la población, es la falta de atención al control de la enfermedad, lo cual afecta de manera directa al paciente en forma de complicaciones y discapacidades, causando así importantes daños a la calidad de vida del diabético, sin dejar de lado la carga económica que implica el tratamiento requerido (Barquera Cervera, et al., 2016).

Recientemente el Instituto Nacional de Salud Pública implementó un estudio personalizado en la Ciudad de México (2015) en el cual se determinó que del total de la población adulta, el 13.9% padece diabetes y solo el 16% de quienes viven con esa enfermedad encuentran o tienen un control adecuado. La prevalencia de diabetes en México pasó de 9.2% en 2012 a 9.4% en el año 2016, el uso de insulina aumentó de un 6.6% en 2012 a un 8.8% en 2016 (ENSANUT 2016).

2.2 IMPLICACIONES ECONÓMICAS

Según la Federación Mexicana de diabetes (2010) la proyección para los costos de esta enfermedad a nivel mundial para 2030 determina que puede llegar a los 490 millones de dólares.

Por otro lado en el año 2012 la diabetes generó elevados costos para los gobiernos, aproximadamente 471 millones de dólares a nivel mundial, solo en el ámbito de salud, en América del Norte y el Caribe, incluyendo México, los costos por el control de la diabetes resultaron ser los más altos (Federación Internacional de Diabetes 2012)

En países con bajos y medianos ingresos, poco menos de la mitad de las muertes por diabetes corresponden a personas de menos de 70 años de edad y el 55% se dieron en mujeres como consecuencia del sobrepeso, la obesidad y la inactividad física. (Federación Internacional de Diabetes, 2014).

2.3 TRATAMIENTOS

En los tratamientos de la diabetes se incluyen fármacos hipoglucemiantes orales e insulina, así como el cuidado, monitoreo y modificación del estilo de vida. El tipo

de tratamiento que se debe suministrar depende del tipo de diabetes que se padece, además se deben tener en cuenta otros problemas de salud que pueda tener el paciente. (Instituto Nacional de la Diabetes y las Enfermedades Digestivas y Renales 2018).

En el caso de la diabetes pre gestacional, frecuente en adolescentes primerizas y la diabetes gestacional en mujeres de 30 años o más, el tratamiento es el suministro de unidades de insulina diariamente (Rodríguez Fernández, et al., 2014) y se puede controlar llevando un monitoreo de la dieta y haciendo actividad física con regularidad. (Cordera & Adami, 2016).

La diabetes tipo uno se controla con inyecciones diarias de insulina ya que el cuerpo no la produce, mientras que los pacientes con diabetes tipo dos controlan la enfermedad optando por una modificación de su estilo de vida, con una alimentación saludable y ejercicio además de llevar un tratamiento con fármacos especializados que incluyen tabletas o inyecciones subcutáneas (Cordera & Adami, 2016) (Troya-Santos, et al., 2017).

2.3.1 Métodos Convencionales

Los mecanismos de bombas de insulina han sido utilizados por más de 35 años, principalmente en diabéticos tipo 1 y en menor medida en pacientes tipo 2 (Llinás Castro, et al., 2017), para estos últimos, existe un gran número de fármacos antidiabéticos con específicos mecanismos de acción, los cuales han sido desarrollados a modo de ensayo y error, sintetizados hasta encontrar el idóneo, generando cientos e incluso miles de moléculas diferentes (Granados Coello, et al., 2014). Algunos de los prescritos actualmente para diabéticos tipo 2 son las sulfonilureas y la metformina, las cuales pueden presentar el riesgo de aumento de peso, hipoglucemia en pacientes con enfermedades renales, no se recomiendan en pacientes mayores de 60 años y pueden causar acidosis láctica fatal (Llinás Castro, et al., 2017) (Zárate, et al., 2014); algunos otros como las glitazonas no son recomendables en pacientes obesos y también están relacionadas con el aumento del LDL (lipoproteína de baja densidad o colesterol

malo) en un 15% y del HDL (lipoproteína de alta densidad o colesterol bueno) en un 10% (Chong & Herrera Novey, 2018).

El costo siempre ha sido una cuestión controversial en el uso de estas alternativas (Álvarez, et al., 2017), además de que periódicamente se ha discutido la eficacia de los hipoglucemiantes sintéticos para evitar el principal problema adverso que sufre el diabético, es decir, el daño cardiovascular que generan a largo plazo y que constituye la causa de muerte del paciente (Zárate, et al., 2014). Uno de los errores más frecuentes que se presentan en las unidades médicas de atención es la prescripción de fármacos inadecuados al problema que presenta el diabético (Zavala González, et al., 2014).

2.3.2 Métodos Alternativos

Sin embargo, también se han incluido terapias y métodos alternativos que complementan el cuidado de la enfermedad, como el uso de una gran variedad de plantas medicinales mediadas por sus metabolitos secundarios, por lo que se está dando un realce al uso común y tradicional de infusiones, potencialmente como un recurso de utilidad terapéutica para contribuir a la mejora de la calidad de vida de los pacientes diabéticos. Lo anterior debido a que las plantas pueden poseer propiedades antioxidantes o hipoglucemiantes, permitiendo ambas ayudar al control de esta enfermedad (Valenzuela Soto, et al., 2015). La naturaleza es una importante fuente de moléculas bioactivas, sin embargo es de vital importancia la realización de una evaluación de éstas para evitar el riesgo de toxicidad para el paciente (Granados Coello, et al., 2014) (Valenzuela Soto, et al., 2015).

El uso de esta alternativa ha aumentado de manera significativa para mejorar el estado de salud en general y tratar enfermedades crónicas, debido a lo anterior existe una incertidumbre acerca de la eficacia y la seguridad de emplear dichas plantas ya que existen pocos ensayos que evalúen su eficacia, dosis y efectos adversos (Gallego Muñoz & Ferreira Alfaya, 2015)

Algunas de las plantas que han sido utilizadas por siglos en forma de infusiones o cocimientos para tratar diversas afecciones son la chancapiedra (*Phyllanthus niruri*

(*Euphorbiaceae*) utilizada en la India y las Bahamas, la maca negra (*Lepidium meyenii*), la chaya (*Cnidoscolus chayamansa*), la sibidigua (*Jatropha gossipifolia*) utilizada en Colombia, por mencionar algunas, todas relacionadas con el tratamiento de la diabetes mellitus y a las cuales se les ha comprobado su efectividad para el tratamiento de dicha enfermedad ya que los estudios fueron realizados *in vitro* e *in vivo*. (Lemus, et al., 2013) (Troya-Santos, et al., 2017) (Valenzuela Soto, et al., 2015) (Granados Coello, et al., 2014).

2.4 CONTROL POR INHIBICIÓN ENZIMÁTICA

Las enzimas son catalizadores proteicos producidas por los organismos vivos y facilitan las transformaciones químicas de diversas sustancias, constituyen el tipo de proteínas más numeroso y especializado (Prado Barragán, et al., 1999).

Debido a la hidrólisis de almidón por la enzima α -amilasa y la liberación de glucosa en el intestino delgado por la enzima α -glucosidasa hay un incremento rápido en los niveles de glucosa en sangre, llamado hiperglucemia, al inhibir estas enzimas habría un decremento en la hiperglucemia posprandial y sería una buena estrategia para el control de la diabetes (López Martínez, et al., 2014).

Los inhibidores de las enzimas α -amilasa y α -glucosidasa controlan la absorción de glucosa lo que los hace una medida efectiva para regular los efectos de la diabetes tipo II (Arumugam, et al., 2014).

2.4.1 α -amilasa

La α -amilasa (1,4, α -glucanohidrolasa) es una enzima extracelular clasificada dentro de las hidrolasas (Figura 1), se caracteriza por su alto grado de selectividad: interviene en el proceso de la digestión degradando el almidón obteniendo como producto maltosa. (A. Fox & G. Cameron, 2004).

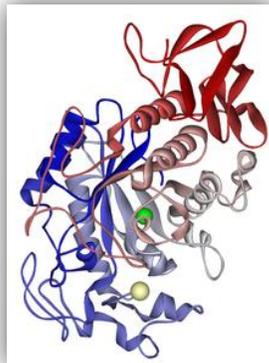


Figura 1. Estructura tridimensional de la α -amilasa (Group DC, 2013)

2.4.2 α –glucosidasa

Es una enzima esencial para el catabolismo de glucógeno a glucosa en los lisosomas, además su inhibición puede ayudar a retrasar la hidrólisis de oligosacáridos y disacáridos, esto disminuye la absorción de glucosa y reduce la hiperglucemia, a nivel farmacológico existen compuestos de origen bacteriano como la acarbosa, y la viglibosa que actúan como inhibidores de esta enzima (Naik & Kokil, 2013).

2.4.4 Inhibición

Se denomina inhibidor enzimático a aquellas sustancias que limitan la actividad de una enzima, o que desnaturalicen a las proteínas, pueden ser naturales o sintéticos (Miller, 1984).

Los inhibidores enzimáticos se clasifican en dos categorías: inhibidores competitivos e inhibidores no competitivos, el primer caso se presenta cuando un compuesto compite con la coenzima o sustrato para ocupar sitios activos de la enzima reduciendo así su actividad catalítica, esta inhibición es reversible. En el segundo tipo el grado de inhibición está relacionado con la afinidad del inhibidor con la enzima y por la concentración del mismo; el inhibidor no se puede desplazar debido a que se adhiere a un punto de la superficie enzimática, este tipo

de inhibición no puede ser anulada, aun aumentando la concentración de sustrato (Stumpf & Conn, 1973).

2.4.4.1 Extractos vegetales con inhibición enzimática

El uso de plantas medicinales ha ido en aumento significativamente, con el fin de ayudar a mejorar el estado de salud de pacientes con enfermedades crónicas; pero siempre ha existido la incertidumbre sobre la eficacia y seguridad del empleo de dichas plantas, es por eso que se han realizado diversos estudios con el fin de comprobar la eficacia de estas alternativas que nos ofrece la naturaleza, algunas de las plantas estudiadas son: el melón amargo (*Momordica charantia*), diente de león (*Taraxacum officinale*), el nopal (*Opuntia streptocarpa*), la cebolla (*Allium cepum*), entre otras, comprobando la eficacia y seguridad de cada una de ellas en estudios realizados con animales (Gallego Muñoz & Ferreira Alfaya, 2015).

La utilización de plantas medicinales para el tratamiento de la diabetes se debe principalmente a los bajos costos, a la disponibilidad inmediata del producto y por los pocos efectos secundarios encontrados (Beidokhti & Jäger, 2017).

Estudios realizados en la Universidad del Atlántico, Colombia, demuestran que los extractos etanólicos de hojas de Yacón (*Smallanthus sonchifolius*) exhibieron inhibición in vitro de la enzima alfa-amilasa, los resultados sugieren que los extractos pueden ser una alternativa para el control de la obesidad (Mendoza Meza & Medina Valdés, 2015).

En Lima Perú se realizaron estudios en ratas con diabetes inducida por aloxano para evaluar la eficacia reductora de glicemia del extracto acuoso de la planta *Abuta grandifolia*, y se comprobó que la dosis oral de 250 mg/kg, disminuye la glicemia en las ratas con diabetes inducida (Justil G., et al., 2015).

En Argentina se han realizado numerosos estudios con una gran variedad de plantas con diversas propiedades medicinales, y son consumidas con el fin de controlar afecciones de la salud del paciente; a continuación se muestra en la

Tabla 1 algunos ejemplos de plantas y las partes utilizadas de manera tradicional así como la actividad biológica encontrada.

Tabla 1. *Plantas medicinales y productos derivados comercializados como antidiabéticos en Buenos Aires-La Plata, Argentina (fragmento) (Puentes, 2016).*

Especies, nombres comunes.	Productos (muestras).	Actividad biológica y efectos estudiados.
<i>Acacia semegal.</i> Goma arabiga	Material pulverizado a granel	Hipoglucémico, anti-hiperglucemico
<i>Achillea millefolium,</i> Milenrama	Partes aéreas secas envasadas	Anti-hiperglucemico, hipoglucémico
<i>Achyrocline satureioides.</i> Marcela	Partes aéreas secas envasadas	Anti-hiperglucémico, hipoglucémico
<i>Smallanthus sonchifolius.</i> Yacón	Hojas secas, tintura madre, capsulas, extracto	Hipoglucémico
<i>Solanum dulcamara L</i> Dulcamara	Partes aéreas secas envasadas	Hipoglucemico, anti-hiperglucemico
<i>Stevia rebaudiana</i> Estevia	Plantas frescas, secas envasadas, tintura madre, extracto líquido, extracto en polvo.	Hipoglucémico, anti-hiperglucemico, resistencia a la insulina, secreción y utilización de la insulina.

En la India se realizó un estudio in vitro sobre el potencial antioxidante y la actividad inhibitoria de α -amilasa de un jugo de frutas autóctonas de *Citrus hystrix* y *Citrus máxima*, se comprobó que el jugo fresco de los dos tipos de frutas podría usarse como fuente de agentes antioxidantes, como alimento funcional y nutraceutico debido a que inhibe enzimas como la α -amilasa y α -glucosidasa (Abirami, et al., 2014).

2.5 FLORES COMESTIBLES CON POTENCIAL ANTIDIABÉTICO

Por lo general las flores no son consideradas como una porción comestible de las plantas, sin embargo a través de la historia la preparación de éstas como alimento ha sido documentada (Cunningham, 2015).

En México las flores de algunos tipos de plantas son comúnmente consumidas en diversos platillos, la mayoría de ellas se recolectan y consumen a nivel local durante la temporada de floración y se considera que ayudan a dar una apariencia estética más atractiva a los platillos (Lara Cortés, et al., 2014) (Mlcek & Otakar, 2011)

Por otro lado, las flores comestibles no solo proveen color y textura a un platillo, sino que constituyen una fuente de compuestos bioactivos con efecto positivo en la salud del consumidor, las sustancias responsables del color, olor y sabor pueden definir la actividad antioxidante (C.S.P Pires, et al., 2017),

Pocos estudios han sido realizados con respecto a la composición nutricional de las flores (Fernández, et al., 2017), pero la creciente necesidad por los alimentos nutraceuticos ha generado un interés por ellas debido a que se han encontrado cualidades antioxidantes que les brindan potencial como alimentos funcionales (Benvenuti, et al., 2016).

Los estudios realizados por Das, et al., (2017) permiten comprobar la efectividad de los compuestos bioactivos en las flores de *Dregea volubilis*, consumida comúnmente en la India, ya que al evaluarse in vitro como extracto hidroalcohólico se estableció su actividad antioxidante y antidiabética comprobando así su potencial terapéutico.

El empleo de flores como medicina alternativa es común en diferentes regiones del mundo, por ejemplo en los países de Irán, India y Egipto se utiliza la flor *Securigera securidaca* conocida como coronilla, representa un remedio tradicional antidiabético y antihiperlipidémico (Rana M., et al., 2015), por otro lado en China *Althaea rosea* es una planta utilizada como un ingrediente antidiabético (YI, et al., 2015); el uso de flores de la begonia, el crisantemo, la rosa, el tulipán y la lila ha

sido reportado desde hace décadas con acción antiséptica, antihelmíntica, diurética, expectorante y antitumoral (Loizzo, et al., 2011).

Pyrus pashia es un tipo de flor empleada para consumo como material medicinal en China debido a que el contenido de compuestos fenólicos juega un papel importante en la actividad antioxidante de esta flor; se ha comprobado que otras fuentes naturales para prevenir enfermedades por estrés oxidativo son las flores *Osamanthus fragrans*, *Poeonia lactiflora* y *Rosa rugosa* debido a su alta actividad antioxidante (He, et al., 2015) (Chen, et al., 2015)

De los macronutrientes presentes en las flores comestibles los carbohidratos se encuentran en mayor concentración, seguidos de proteínas y cenizas; la presencia de una alta concentración de tocoferoles y ácidos grasos les permite ser consideradas como nuevos productos alimenticios (C.S.P Pires, et al., 2017) (He, et al., 2015) (Chen, et al., 2015).

2.5.1 Flor de Palma de Coateco (*Cryosophila nana*)

2.5.1.1 Distribución geográfica

En la región Costa del estado de Oaxaca crece una palma (*Cryosophila nana*) que es una especie de gran importancia cultural y económica pues constituye un recurso forestal no maderable, es también una fuente de material natural para la elaboración de objetos artesanales y en la construcción de techos para viviendas de la población rural.

Ésta palma es un componente natural de varios tipos de vegetación, y la perturbación parece favorecer su abundancia formando palmares en zonas abiertas, prospera en suelos poco ricos o en suelos pobres y rocosos, la situación del hábitat no es un factor determinante para la preservación de la especie pero si para la reducción de este por el cambio de uso de suelo, por ejemplo desarrollo industrial y urbano; los factores de riesgo de la especie son principalmente la sobreexplotación y la alteración de su hábitat, al parecer el introducir ganado y los incendios de pastizales promueve que sus semillas germinen (Espinosa Palacios, 2006)

Actualmente *Cryosophila nana* se encuentra distribuida en la litoral del pacifico, en estados como Chiapas, Oaxaca, Jalisco y Sinaloa (**Figura 2**). Por otro lado la inflorescencia de dicha palma se consume de manera habitual en los pobladores de la región ya que los abuelos y personas adultas la recomiendan porque se dice que posee propiedades que ayudan a disminuir los niveles de glucosa en sangre.

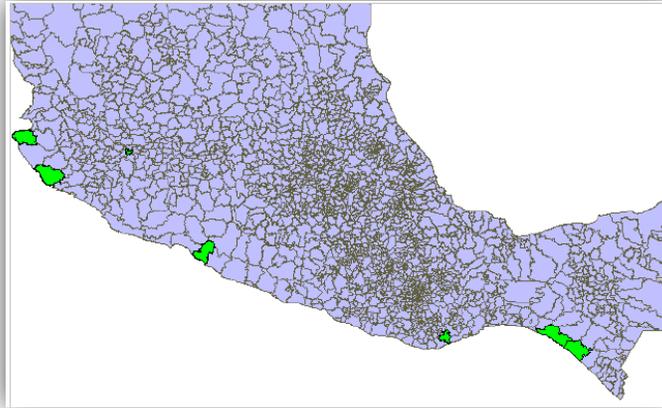


Figura 2. Distribución geográfica en la República Mexicana de la palma de coateco (Espinosa Palacios, 2006)

2.5.1.2 Clasificación taxonómica

La palma de coateco, también conocida como zoyamiche o palma real, fue descrita desde el año de 1816 como *Corypha nana*, obteniendo hasta 1887 la denominación de *Cryosophila nana* de acuerdo a la clasificación Blume ex Salomon:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Orden: *Areceles*

Familia: *Arecaceae*

2.5.1.3 Descripción general

La palma de coateco es de hábito solitario, en la **Figura 3** se observa que tiene un tronco erecto o a veces arqueado con raíces terminadas en espinas que pueden ser de dos tipos, las comunes cortas y las ramificadas, que a su vez pueden ser ascendentes y descendentes, las hojas distales pueden ser marchitas, anchas y largas triangulares, deprimidas y puntiagudas (Espinosa Palacios, 2006).



Figura 3. Palma de coateco. Fotografía tomada por Mely Trinidad Olivera Triste (2017).

El coateco nace solo por semilla, germina a los seis meses; florea a finales de octubre y durante los meses de noviembre, diciembre y enero, cada 20 días da una floración teniendo así un total de ocho floraciones por temporada. Los botones florales o "hijitos de coateco" cómo se conocen en la región de la costa de Oaxaca y que se observan en la **Figura 4** se consumen de manera tradicional. (Chavez Olivera, 2018).



Figura 4. Botones florales de palma de coateco. Fotografía tomada Mely Trinidad Olivera Triste (2017).

Como mantenimiento para el cultivo se realiza una poda en los meses de febrero y marzo, en época de lluvia las palmas se recuperan para una nueva cosecha, actualmente no se comercializa a gran escala la flor de este cultivo solo se consume de manera local en las familias de los lugareños y pueblos circunvecinos (Chavez Olivera, 2018).

2.5.1.4 Usos tradicionales

Dentro de los usos comunes de las hojas de la palma de coateco se encuentra la elaboración de escobas, barredores y techos para casas, así como forraje para ganado en época de sequía (Chavez Olivera, 2018); sin embargo el más importante es el consumo como alimento de los "hijitos de coateco", como se observa en las **Figuras 5 y 6**, donde se presentan dos opciones de preparación para su consumo.



Figura 5. Botones florales hervidos.



Figura 6. Botones florales en escabeche.

De acuerdo a los lugareños de la comunidad de Santos Reyes Nopala del estado de Oaxaca, el consumo de los botones florales de la palma de coateco brindan beneficios a la salud, en específico a aquellas personas con diabetes, atribuyendo lo anterior a su característico sabor amargo; algunas personas señalan que al consumirlos de manera habitual se sienten más sanos y con mayor energía para realizar las actividades del día a día. En esta comunidad "los hijitos de coateco" se consumen generalmente hervidos con una pizca de sal y acompañados de tortillas de maíz (Triste Ramirez, 2017) (Olivera Triste, 2018).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIAL BIOLÓGICO

Los botones de palma (*Cryosophila nana*) conocidos como "hijitos de coateco" se obtuvieron de la comunidad de San Andrés Copala perteneciente al municipio de San Pedro Mixtepec en el estado de Oaxaca.

Para realizar la investigación las muestras de *Cryosophila nana* fueron transportadas a la ciudad de Saltillo Coahuila a temperatura ambiente en una hielera de poliestireno expandido debido a que éste material es idóneo para el manejo de productos frescos y no constituye un sustrato nutritivo para el desarrollo de microorganismos; su resistencia a la humedad y absorción de impactos permitieron que las muestras llegaran en buen estado a las instalaciones del laboratorio de bioprocesos del Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Una vez en el laboratorio, la mitad de las muestras se mantuvieron a temperatura ambiente mientras que el resto se colocó en congelación en un equipo Torrey a -18°C. Al transcurrir una semana, se colocó una porción de cada material bajo diferentes condiciones de almacenamiento en agua a punto de ebullición durante 20 minutos para su posterior preservación y evaluación, dando lugar a un total de 4 muestras de *Cryosophila nana*: temperatura ambiente, congelado, temperatura ambiente-hervido y congelado-hervido.

3.2 PRESERVACIÓN

Para la conservación y evaluación de las muestras tratadas, se llevó a cabo la deshidratación de las mismas, lo cual permitió la determinación del porcentaje de humedad y materia seca ya que se sometieron a un método de secado por gravedad en un horno Quincy Lan Inc a una temperatura de 60°C, se registraron los pesos y se utilizaron las siguientes fórmulas para la obtención de resultados:

$$\% \text{ de Materia Seca} = \left(\frac{\text{gramos muestra seca}}{\text{gramos de muestra}} \right) \times 100$$

$$\% \text{ de Humedad} = (100 - \% \text{ de materia seca})$$

Posteriormente se disminuyó el tamaño de partícula en un procesador Nutribullet y se envasó en frascos de vidrio con tapa de rosca metálica previamente identificados, las muestras se conservaron a temperatura ambiente para utilizarlas en las determinaciones posteriores.

3.3 ANÁLISIS PROXIMAL

El siguiente paso fue determinar el porcentaje de cenizas de la muestra de *Cryosophila nana*, tomando 0.5 gramos de muestra seca en una balanza analítica marca Adventurer OHAUS que fueron colocados en un crisol a peso constante, y llevados a la mufla Quincy por dos horas a una temperatura de 550°C; una vez obtenidos los datos se realizaron los cálculos correspondientes con la fórmula siguiente:

$$\% \text{ de Cenizas} = \left(\frac{\text{gramos muestra calcinada}}{\text{gramos de muestra}} \right) \times 100$$

La determinación de proteína se realizó por el método micro-Kjeldhal pasando por tres etapas: digestión, destilación y titulación. En la primera etapa se pesó 1 gramo de cada muestra y se colocó en papel filtro para poder ser introducida en el matraz Kjeldhal y añadir la mezcla digestora, posteriormente se colocó en la parrilla digestora marca Labconco durante 3 horas hasta completar la digestión; una vez obtenida la muestra digerida le fueron añadidos 30 mililitros de NaOH (hidróxido de sodio) al 50 % y se llevó al microdestilador rápido marca Labconco, para recuperar el destilado en H₃BO₃ (ácido bórico) al 2.2% hasta alcanzar un volumen de 60 ml; para llevar a cabo la titulación, se agregaron dos gotas de

indicador mixto de proteínas y se valoró con H₂SO₄ (ácido sulfúrico) 0.025 N, se registró el gasto y se realizaron los cálculos para determinar el porcentaje de nitrógeno mediante la fórmula siguiente:

$$\begin{aligned} & \% \text{ de Nitrogeno} \\ & = \left(\frac{\text{ml gastados} \times 0.026 \text{ Normalidad del ácido sulfurico} \times 0.014}{\text{gramos de muestra}} \right) \times 100 \end{aligned}$$

El resultado de nitrógeno obtenido fue utilizado para poder calcular el porcentaje total de proteínas utilizando la fórmula que se muestra a continuación:

$$\% \text{ de Proteínas} = (\% \text{ de nitrógeno} \times 6.25)$$

Para la determinación de grasas, las muestras fueron sometidas al método Soxhlet, pesando 1 gramo y colocando en cartucho de papel filtro para ser introducido en el extractor; en un matraz bola fondo plano a peso constante, se añadieron 150 mililitros de hexano, se armó el sistema de extracción, se encendió la parrilla marca Electrothermal y se mantuvo la recirculación durante 4 horas; transcurrido el tiempo se eliminó la muestra y el solvente fue recuperado, mientras la fracción grasa permaneció en el matraz, el cual fue llevado al horno de secado (marca) durante una hora para evaporar el exceso de solvente, se obtuvo el peso del matraz más la muestra y posteriormente se realizaron los cálculos correspondientes, utilizando la siguiente fórmula:

$$\begin{aligned} & \% \text{ de Grasa} \\ & = \left(\frac{(\text{gramos del matraz con residuo graso} - \text{gramos del matraz})}{\text{gramos de la muestra}} \right) \times 100 \end{aligned}$$

El cálculo para determinar los carbohidratos totales en las muestras se realizó por diferencia, utilizando los resultados de las determinaciones anteriores:

$$\% \text{ de Carbohidratos} = \% \text{ materia seca} - (\% \text{ cenizas} + \% \text{ grasa} + \% \text{ proteína})$$

3.4 OBTENCIÓN EXTRACTOS ACUOSOS

Los extractos fueron obtenidos tomando un gramo de cada muestra (temperatura ambiente, congelado, ambiente-hervido y congelado-hervido), pesado en una balanza analítica marca Adventurer OHAUS y colocándolo en tubo de ensaye, al cual se añadieron 10 mililitros de agua destilada, se agitó 1 minuto en Vórtex marca Benchmark Research Products BRP, se dejó reposar para ser utilizado en las evaluaciones posteriores y se prepararon 5 repeticiones para cada muestra obteniendo así 20 unidades experimentales.

3.5 DETERMINACIÓN DE ANTIOXIDANTES

La concentraciones de fenoles totales en extractos fue medida por espectrofotometría a 760 nm en un equipo marca Genesys UV-Vis, a partir de la ecuación generada por la curva de calibración, en la que se utilizó una solución estándar de ácido gálico de la cual se tomaron volúmenes de 0 µl a 1000 µl en intervalos de 100µl con agua destilada.

Se tomaron 1000 µl de cada extracto y se colocaron en tubo de ensaye, se añadieron 250 µl de reactivo de Folin a cada uno y se agitaron durante 5 segundos para posteriormente agregar 125 µl de carbonato de sodio al 20% se homogenizaron por 5 segundos y se dejaron reposar por 30 minutos. La absorbancia fue medida a 760 nm para sustituir el valor obtenido en la ecuación de la curva.

3.6 ANÁLISIS DE INHIBICIÓN ENZIMÁTICA

El efecto de la inhibición de los extractos sobre la actividad enzimática fue medido por espectrofotometría, a 540 nm para alfa-amilasa y a 405 nm para alfa-glucosidasa.

Para la determinación de inhibición de alfa-amilasa se colocaron en tubos de ensaye 100 µl de extracto de cada muestra, 100 µl de reactivo buffer pH 7, 100 µl de alfa-amilasa pre-incubada a 25°C y 100 µl de almidón al 1%; se homogenizaron e incubaron a 25°C por 30 minutos para después añadir 1000 µl de reactivo DNS y homogenizar.

Las muestras se colocaron en un baño de agua hirviendo durante 5 minutos, se añadieron 5.6 ml de agua destilada y se homogenizaron, la absorbancia fue medida a 540 nm en un espectrofotómetro marca Genesys UV-Vis.

Para realizar los cálculos se utilizó una muestra control colocando agua destilado en lugar del extracto en cuestión y la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de Inhibición} = \left(\frac{\text{Absorbancia del control} - \text{Absorbancia de la muestra}}{\text{Absorbancia del control}} \right) \times 100$$

Para la valoración de la inhibición de alfa-glucosidasa, se colocaron en tubos de ensaye 100 µl de extracto de cada muestra, 100 µl de reactivo buffer pH 7, 100 µl de alfa-glucosidasa y se homogenizó la mezcla para después incubarla a 25°C durante 5 minutos. Una vez transcurrido el tiempo se le añadieron 100 µl de D-glucopiranosido, se homogenizaron e incubaron a 25°C durante 10 minutos. La absorbancia fue medida a 405 nm y los cálculos se realizaron mediante la fórmula que se muestra a continuación:

$$\% \text{ de Inhibición} = \left(\frac{\text{Absorbancia del control} - \text{Absorbancia de la muestra}}{\text{Absorbancia del control}} \right) \times 10$$

3.7 ESQUEMATIZACIÓN DE LA METODOLOGÍA EN TRES ETAPAS

En las Figuras 7, 8 y 9 se muestran los diagramas de flujo llevados a cabo para la preservación de las muestras, el análisis proximal, y la obtención de extractos para la determinación de actividad antioxidante e hipoglucemiante.

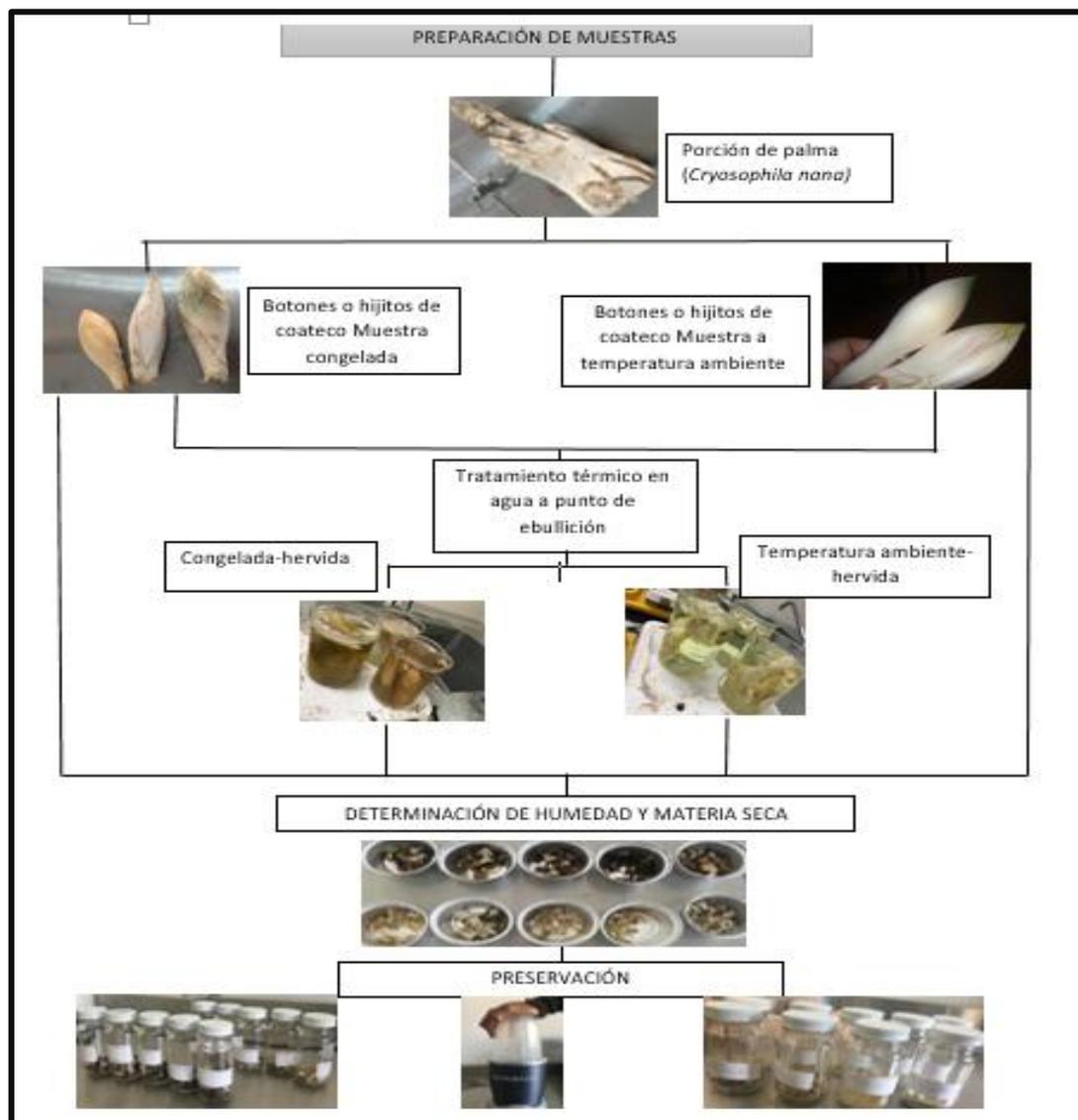


Figura 7. Diagrama de flujo de la preparación y preservación de muestras a evaluar.

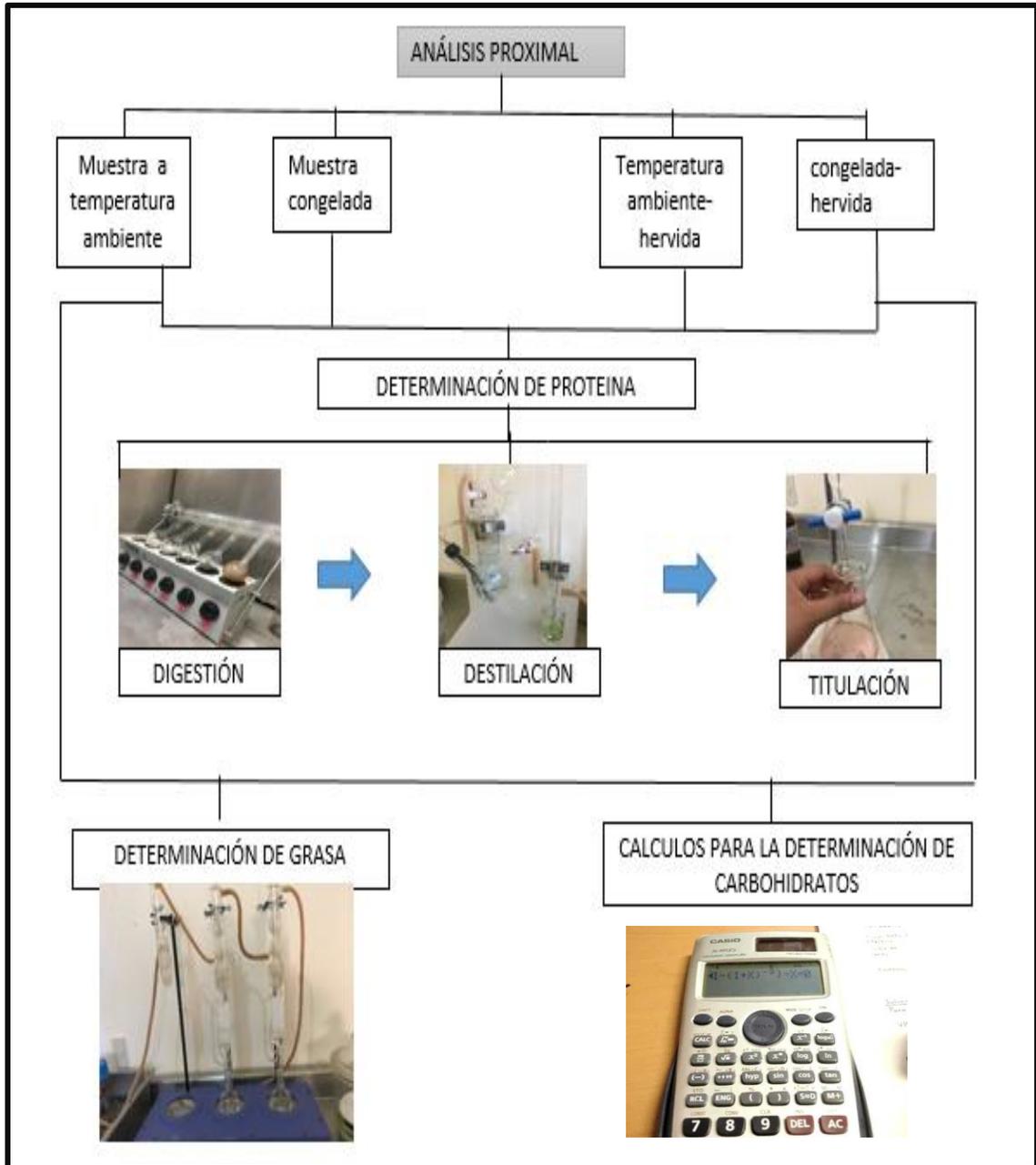


Figura 8. Diagrama de flujo para la realización del análisis proximal.

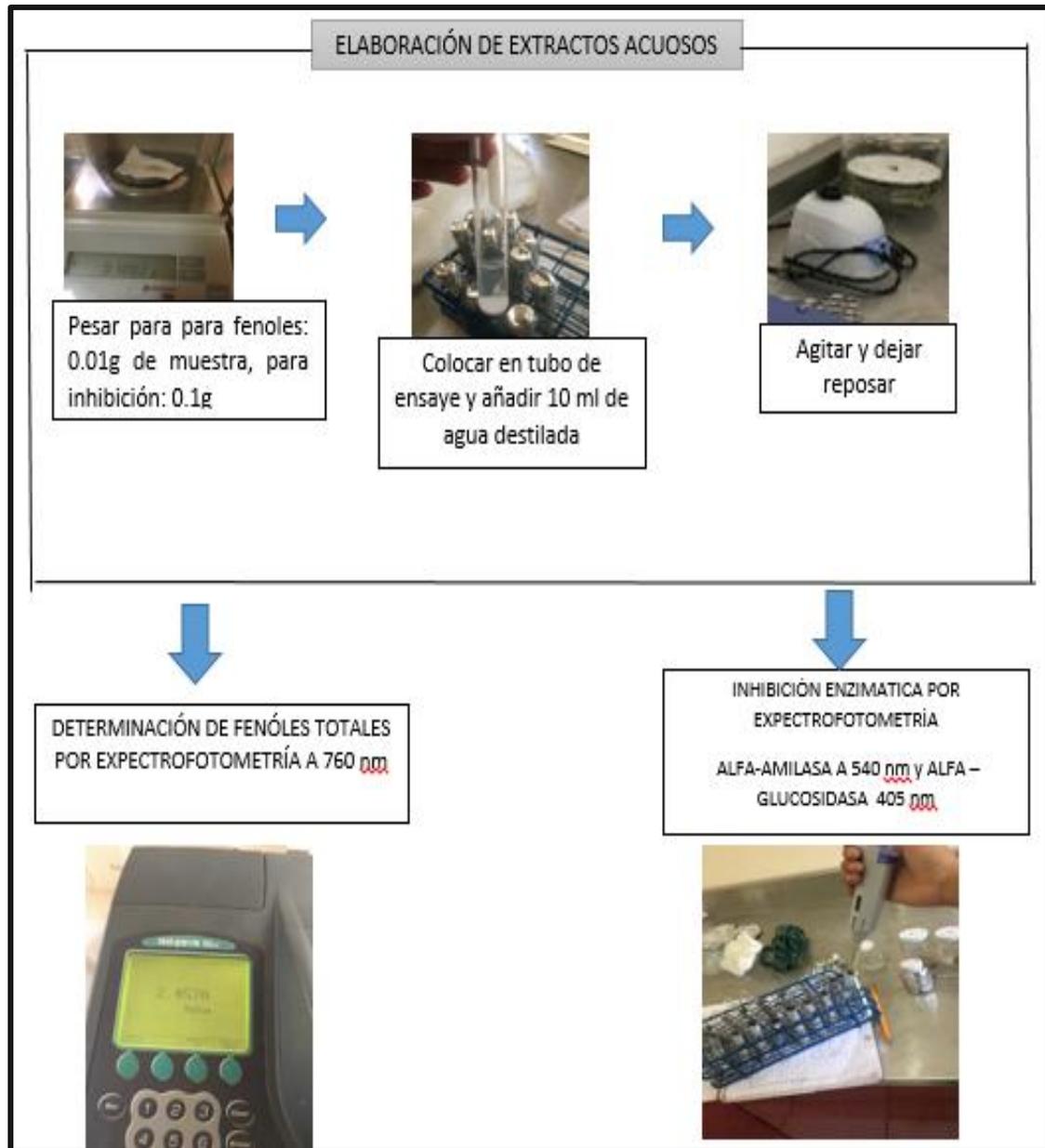


Figura 9. Diagrama de flujo para la elaboración de extractos, determinación de fenoles totales e inhibición enzimática.

3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de datos consistió en una prueba de varianza factorial con dos factores, el primero con dos niveles para evaluar los tipos de condiciones de almacenamiento de la flor de palma de coateco (temperatura ambiente y congelación a -18°C), mientras que el segundo factor que determina el efecto del tratamiento térmico en las características del producto evaluado, también se estableció con dos niveles denominados: SIN para la flor que no fue tratada con calor y CON para la que fue tratada con agua en ebullición por 15 minutos.

Todo lo anterior bajo un diseño completamente al azar con cinco repeticiones, para la separación de medias se realizó una prueba de Tukey HSD empleando el paquete estadístico JMP versión 5.0.1 a.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS PARA EL FACTOR ALMACENAMIENTO

4.1.1 Análisis Proximal

De acuerdo a los resultados obtenidos y después de la realización del análisis de varianza (**Anexos 1, 2, 3, 4, 5 Y 6**), para los datos del análisis proximal considerando el factor almacenamiento, así como en base a la prueba de medias, se encontró diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$) en cuatro variables de respuesta (humedad, materia seca, cenizas y carbohidratos) como se observa en la **Tabla 2**.

	HUMEDAD	MATERIA SECA	CENIZAS	GRASA	PROTEINA	CARBOHIDRATOS
Temperatura Ambiente	83,198 ^b	16,792 ^a	10,778 ^a	3,193 ^a	31,381 ^a	54,631 ^b
Congelación	84,629 ^a	15,361 ^b	10,131 ^b	3,176 ^a	31,298 ^a	55,359 ^a

Tabla 2. Prueba de Tukey HSD para almacenamiento en análisis proximal.

Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales. Los resultados se muestran en base seca.

En relación al contenido de humedad, comparando los resultados de la **Tabla 2** con lo reportado para otro tipo de flores se tiene que la flor de la palma de coateco presenta, independientemente de las condiciones de almacenamiento, un porcentaje mayor que las flores de cebollín y alcachofa (80 y 78.9 % respectivamente) y menor que las flores de calabaza (93.1%) y coliflor (93.4%) (Fernández, et al., 2017). El almacenar el producto a temperatura ambiente disminuye en 1.5% el contenido de humedad.

La diferencia encontrada en el contenido de cenizas es de 0.64% entre las condiciones de almacenamiento evaluadas y ambas concentraciones son superiores a las encontradas en la rosa de castilla con 4.29%, en las flores de yuca (1.09%), así como en las flores de cempasúchil que alcanzan 4.80% de

cenizas; lo anterior denota que los "hijitos de coateco" superan en contenido de minerales a otras flores que se consumen comúnmente en otras regiones del mundo, lo anterior debido a las diferentes condiciones de cultivo (C.S.P Pires, et al., 2017) (Mora Olivo , et al., 2009) (Kaisoon, et al., 2012)

De acuerdo a la **Tabla 2** existe diferencia estadísticamente significativa entre el contenido de carbohidratos para las flores de palma de coateco almacenadas a temperatura ambiente y aquellas almacenadas en congelación a -18° centígrados, encontrándose una mayor presencia en éstas últimas, concentración similar a la que presentan las flores de sábila (56.8%) (Fernández, et al., 2017).

Con respecto a las variables grasa y proteína, estadísticamente no existe diferencia significativa pero si diferencia numérica, que demuestra que el tipo de almacenamiento no tiene influencia en la concentración de estos nutrimentos.

4.1.2 Análisis de Antioxidantes e Inhibición Enzimática

Los resultados obtenidos después de la realización del análisis de varianza (**Anexos 7, 8, y 9**), en la prueba de medias realizada (**Tabla 3**) se encontró que en todas las variables de respuesta existe diferencia estadísticamente significativa.

	FÉNOLES TOTALES	INHIBICIÓN α-AMILASA	INHIBICIÓN α-GLUCOSIDASA
Temperatura Ambiente	454,943b	1246,751b	48980a
Congelación	568,522a	1410,060a	34480b

Tabla 3. Prueba de Tukey HSD para almacenamiento en antioxidantes e inhibición enzimática.

Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales. Los resultados se muestran en base seca.

Comparando los resultados de la variable de respuesta fenoles totales con los reportados en la literatura podemos determinar que los botones florales de la palma de coateco tienen valores por encima de otros tipos de flores comestibles

tales como las chochas o flores de palma (*Yuca carnerosana*) con 6.87 mg/g, buganvilia con 138 mg/g, flor de San Diego con 177.2 mg/g, entre otras; sin embargo el contenido de fenoles totales en la flor de coateco son similares a los de la flor de granado y a los receptáculos de la misma, los cuales se reportan en 415.86 y 454.96 mg/g, respectivamente (YI, et al., 2015) (Mora Olivo, et al., 2009) (Kaisoon, et al., 2012) lo anterior coloca a los botones florales de coateco como una fuente natural potencial de sustancias antioxidantes como una alternativa de alimento o materia prima para la formulación de productos funcionales (Benvenuti, et al., 2016) (C.S.P Pires, et al., 2017) (Loizzo, et al., 2011) (He, et al., 2015).

Las condiciones de almacenamiento tienen influencia sobre el contenido de compuestos fenólicos totales, ya que el mantener las flores de coateco en congelación, antes de su preparación, permite incrementar los fenoles totales en 113.579 mg/g con respecto a aquellas que se almacenan a temperatura ambiente.

En cuanto a los valores de inhibición de la enzima α -amilasa las flores de palma de coateco presentaron porcentajes mayores que la flor comestible corona purpura (360.68 mg/g), incluso un porcentaje mayor que la fresa (9.52%), la cebolla (33%) y el jugo de lima Kaffir (79.75%), a pesar de tener valores menores en el tipo de almacenamiento temperatura ambiente los "hijitos de coateco" poseen un buen porcentaje inhibitorio de α -amilasa (Das, et al., 2017) (López Martínez, et al., 2014) (Abirami, et al., 2014) (Sosa N, et al., 2002).

Con respecto a la variable de respuesta α -glucosidasa se presentaron valores superiores a los reportados en la literatura, la flor de coateco contiene una mayor inhibición de α -glucosidasa que la flor corona purpura (3780.09 mg/ml), el árbol de té (57.2%) y el jugo de lima Kaffir (72.83%), en la **Tabla 3** podemos observar que las flores almacenadas a temperatura ambiente con tienen un mayor porcentaje de inhibición, debido a lo anterior podemos deducir que los 'hijitos de coateco' pueden ser empleados como alimento funcional (Das, et al., 2017) (Quan, et al., 2011) (Abirami, et al., 2014).

Debido a los resultados mostrados en la **Tabla 3** las flores de palma de coateco tienen un valor de respuesta diferente si se almacenan a temperatura ambiente o en congelación (-18°C), las variables de respuesta fenoles totales e inhibición de α -amilasa incrementan sus valores si el producto se almacena en congelación, mientras que para obtener una

mayor concentración de inhibición de α -glucosidasa la flor de coateco debe mantenerse a temperatura ambiente.

4.2 RESULTADOS PARA EL FACTOR TRATAMIENTO TÉRMICO

4.2.1 Análisis Proximal

En el análisis de la aplicación del tratamiento térmico, y después de la realización del análisis de varianza (**Anexos 1, 2, 3, 4, 5 y 6**) se encontró que existe diferencia significativa en cinco de las variables analizadas como se observa en la **Tabla 4**.

Tabla 4. Prueba de Tukey HSD para tratamiento térmico en análisis proximal.

	HUMEDAD	MATERIA SECA	CENIZAS	GRASA	PROTEINA	CARBOHIDRATOS
Sin tx térmico	80,525 ^b	19,465 ^a	11,020 ^a	3,137 ^b	31,348 ^a	54,478 ^b
Con tx térmico	87,302 ^a	12,688 ^b	9,889 ^b	3,232 ^a	31,332 ^a	55,512 ^a

Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales. Los resultados se muestran en base seca.

Como resultado de la prueba de Tuckey (**Tabla 4**) se encontró que para las variables humedad, materia seca, cenizas, grasa y carbohidratos existe diferencia estadísticamente significativa, los valores de las variables materia seca, cenizas y proteína son numéricamente más altos sin el tratamiento térmico, por el contrario las variables humedad, grasa y carbohidratos incrementan sus valores con la aplicación del tratamiento térmico.

Con respecto a la variable humedad y comparando con la información reportada para otros tipos de flores comestibles se tiene que la flor de palma de coateco contiene un porcentaje de humedad mayor que la alcachofa (78.95%) y la flor de cebollín (80.0%), pero menor porcentaje que el brócoli (92.6%) y la flor de calabaza (93.1%). En la **Tabla 4** podemos observar que existe una diferencia

numérica de 6.77% en la variable humedad con respecto a la aplicación de tratamiento térmico.

En el contenido de cenizas la diferencia encontrada fue estadísticamente significativa entre los tratamientos evaluados, ambas concentraciones son superiores a las encontradas en flores comestibles, tales como la de maguey pulquero con 5.8%, en las flores de dalia (5.83%), así como en las de colecitas que alcanzan 9.4% de cenizas (Fernández, et al., 2017) (C.S.P Pires, et al., 2017), lo anterior revela que los botones de palma de coateco superan en contenido de cenizas a otras flores comúnmente consumidas, el no aplicar tratamiento térmico al producto ayuda a incrementar en 1.13% el contenido de minerales.

De acuerdo a la **Tabla 4** en la variable de respuesta grasa existe diferencia estadísticamente significativa encontrándose una mayor presencia en las flores que fueron sometidas a tratamiento térmico, la concentración de grasa de los botones de palma de coateco es similar a la reportada en la coliflor (2.9%) y en flores de cebollín (3.4%) (Fernández, et al., 2017).

Con lo que respecta a la variable carbohidratos de acuerdo a los resultados presentados en la **Tabla 4** existe una diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, siendo 1.034% mayor el contenido en las flores de palma de coateco sometidas a tratamiento térmico, encontrándose así una mayor presencia de carbohidratos totales.

4.2.2 Análisis de Antioxidantes e Inhibición Enzimática

En la prueba de Tukey realizada (**Tabla 5**) se encontró que en las variables alfa-amilasa y alfa-glucosidasa existe diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, teniendo un mayor porcentaje de inhibición las flores que no fueron sometidas a un tratamiento térmico.

	FÉNOLES TOTALES	INHIBICIÓN α -AMILASA	INHIBICIÓN α -GLUCOSIDASA
Sin tx térmico	510,694 ^a	1683,0480 ^a	49225 ^a
Con tx térmico	512,771 ^a	973,7630 ^b	34235 ^b

Tabla 5. Prueba de Tukey HSD para tratamiento térmico en antioxidantes e inhibición enzimática.

Columnas con la misma letra son estadísticamente iguales. Los resultados se muestran en base seca.

Comparando los resultados de la variable de respuesta fenoles totales con los reportados para otro tipo de flores comestibles, podemos decir que los botones florales de la palma de coateco tienen valores más bajos que el receptáculo de flor de granado que contiene una concentración de fenoles totales de 454.96 mg/g, pero más alto que el encontrado en los pétalos de flor de granado con 332.48 mg/g y otras flores como las de dalia con 127.5 mg/g y las hojas de yacón (11.6 mg/ml) (YI, et al., 2015) (Lara Cortés, et al., 2014) (Mendoza Meza & Medina Valdés, 2015). Con base en lo anterior y en la aportación de (C.S.P Pires, et al., 2017) podemos decir que los botones florales de la flor de palma de coateco debido a la concentración de antioxidantes es una buena alternativa para ser empleados como una fuente de compuestos fenólicos con potencial para el sector alimentario; se observa que en esta variable de respuesta no hay diferencia significativa pero existe diferencia numérica con respecto a la aplicación de un tratamiento térmico, siendo la opción ideal el aplicar calor al producto.

Los valores de inhibición para la enzima α -amilasa nos muestran que existe diferencia significativa entre aplicar o no tratamiento térmico, siendo la aplicación de calor lo que brinda un menor efecto inhibitorio de α -amilasa; independientemente de esto, las flores de palma de coateco presentaron porcentajes de inhibición mayores al de la fresa (9.52%), el árbol de té (29.5%) y de la cebolla, producto vegetal con hasta un 33% de inhibición. (López Martínez, et al., 2014) (Sosa N, et al., 2002) (Quan, et al., 2011).

Con lo que respecta a la variable de respuesta α -glucosidasa, los resultados obtenidos presentaron valores muy favorables y superiores a los reportados en la literatura, ya que la flor de corona purpura presenta una inhibición del 64.5%, el árbol de té del 57.2% y el jugo de lima Kaffir del 72.83% (Das, et al., 2017) (Quan, et al., 2011), (Abirami, et al., 2014); en la Tabla 5 podemos observar que las flores que no fueron sometidas al tratamiento térmico contienen un mayor porcentaje de inhibición con una diferencia de 14990% en relación a las que sí recibieron calor

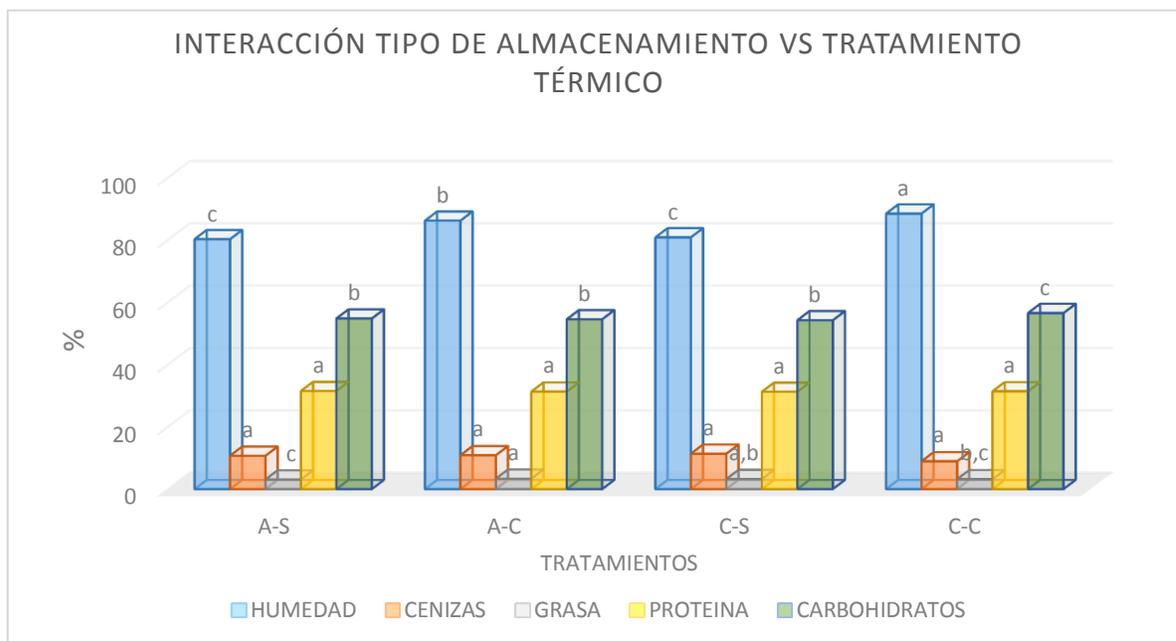
Diversas plantas y flores evaluadas son consideradas como funcionales debido a su concentración de antioxidantes y a sus porcentajes de inhibición de la actividad de alfa-glucosidasa y alfa-amilasa, tales como como el árbol de té (29.5 y 57.2% respectivamente) (Quan, et al., 2011), así como también las flores “boca de dragón” (*Antirrhinum majus*) con una concentración de compuestos fenólicos de 28.35 mg/g (Gonzales Barrio, et al., 2018), los frutos de citrón (*Citrus medical*) (Loizzo, et al., 2011), y la flor corona purpura utilizada de manera tradicional en la India con un porcentaje de inhibición para alfa-amilasa de 360.68 mg/ml y 3780.09 mg/ml para alfa-glucosidasa (Das, et al., 2017).

Debido a los estudios anteriores y basándonos en los valores obtenidos podemos deducir que los botones florales de palma de coateco son una importante fuente de antioxidantes lo que puede ayudar a prevenir enfermedades por estrés oxidativo, mientras que el potencial que presentan para la inhibición enzimática puede respaldar el uso tradicional en la región Costa del estado de Oaxaca de estas flores como una alternativa natural para el control de diabetes, ya que al inhibir la actividad enzimática se reducirán los niveles de glucosa libre en sangre, es decir presentarán un potencial efecto hipogucemiante (López Martínez, et al., 2014) (Arumugam, et al., 2014) lo que nos lleva a pensar en una posible aplicación del producto a la industria farmacéutica y/o nutraceutica para el control hiperglucemico. (YI, et al., 2015).

4.3 RESULTADOS PARA LA INTERACCIÓN DE LOS FACTORES ALMACENAMIENTO-TRATAMIENTO TÉRMICO

4.3.1 Análisis Proximal

Como se muestra en la **Figura 10** y de acuerdo a la prueba de medias (**Anexo 10**) se observa que para la variable humedad, representada por las barras en color azul, en los tratamientos A-S (ambiente-sin tratamiento térmico) y C-S (congelado-sin tratamiento térmico) no existe diferencia significativa siendo éstos a los que no se les aplicó tratamiento térmico; por otro lado los tratamientos con diferencia significativa son A-C (ambiente-con tratamiento térmico) y C-C (congelado-con tratamiento térmico) los cuales fueron sometidos a calor.



Barras del mismo color con letra igual, no presentan diferencia estadística

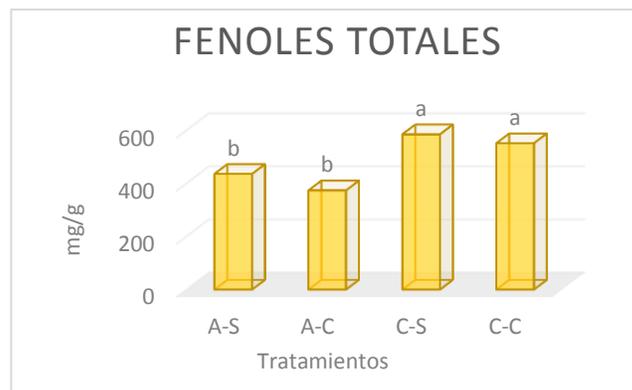
Figura 10. Gráfico de concentración en porcentaje de nutrientes para cada interacción.

Con respecto a la variable cenizas, representada con las barras de color melón, de acuerdo a la prueba de medias (**Anexo 11**) los cuatro tratamientos estadísticamente no tienen diferencia significativa. En lo que respecta a la variable grasa (**Anexo 12**) representada por las barras de color gris, el tratamiento A-S es diferente a los demás, pero el tratamiento A-C es significativamente igual al C-S y

este mismo no tiene diferencia significativa con el tratamiento C-C. De acuerdo al análisis de varianza realizado para la variable proteína (**Anexo 13**) con barras color amarillo entre todos los tratamientos no existe diferencia significativa; por otro lado para la variable carbohidratos, de acuerdo a la prueba de medias (**Anexo 14**) representada por las barras en color verde, los tratamientos A-S, A-C y C-S no presentan diferencia estadísticamente significativa, pero el tratamiento C-C presentó valores mayores con respecto a los demás tratamientos.

4.3.2 Análisis de Antioxidantes

En la **Figura 11** se muestra de acuerdo a la prueba de medias (**Anexo 15**) que en los tratamientos A-S y A-C no existe diferencia estadísticamente significativa pero si una diferencia numérica de 37.79 mg/g de concentración de fenoles totales, en los tratamientos C-S y C-C no existe diferencia significativa pero una diferencia numérica de 33.636 mg/g.



Barras con la misma letra son estadísticamente iguales.

Figura 11. Gráfico de concentración de fenoles para cada interacción.

El tratamiento ideal para obtener una concentración mayor de compuestos fenólicos es C-S (congelado-sin tratamiento térmico), pero independientemente de las variaciones numéricas se obtuvieron valores muy favorables que podrían dar paso a investigaciones futuras para la posible utilización del producto como un alimento funcional.

4.3.3 Análisis de Inhibición Enzimática

Como se observa en el inciso **a)** de la **Figura 12** y de acuerdo a la prueba de medias (**Anexo 16**) para la variable de respuesta inhibición de alfa-amilasa, existe diferencia significativa en todos sus tratamientos teniendo un mayor porcentaje de inhibición el tratamiento C-S (congelado-sin tratamiento térmico), mientras que el tratamiento que presentó menor porcentaje fue el A-C (ambiente-con tratamiento térmico); pero independientemente de la diferencia numérica los resultados arrojaron valores elevados en la inhibición de ésta enzima, que van desde 5965% a 62995%.



Barras con la misma letra son estadísticamente iguales

Figura 12. Gráficos de porcentaje de inhibición enzimática para cada interacción.

En la **Figura 12**, inciso **b)** y de acuerdo a la prueba de medias (**Anexo 17**) se observa que todos los tratamientos para la inhibición de alfa-glucosidasa presentan diferencia estadísticamente significativa, y que el tratamiento C-S (congelado-sin tratamiento térmico) es el ideal para obtener un mayor porcentaje de inhibición, contrastando con el tratamiento C-C (congelado-con tratamiento térmico) que fue el que presentó el más bajo en poder inhibitorio, al igual que en la inhibición de alfa-amilasa, todos los valores obtenidos fueron favorables ya que los porcentajes van desde 5965 a 62995% de inhibición de alfa-glucosidasa, dando lugar a investigaciones posteriores para la posible utilización de los botones florales de palma de coateco como materia prima para la realización de un alimento funcional y ayudar a controlar los niveles de glucosa en sangre en personas diabéticas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en la presente investigación se concluye que:

Los botones florales de palma de coateco (*Cryosophila nana*) presentan un contenido de nutrientes promedio en relación a otras flores comestibles utilizadas como parte de la dieta tradicional en otras regiones del mundo.

Las condiciones de almacenamiento previas a su preparación influyen directamente en el contenido de minerales, y carbohidratos, así como en el contenido de sustancias antioxidantes e hipoglucemiantes encontrándose un mayor contenido de fenoles totales y una mejor inhibición de alfa-glucosidasa cuando se almacena a temperatura ambiente.

La aplicación de tratamientos térmicos afecta en el contenido de minerales, grasas y carbohidratos así como en la concentración de fenoles totales y en la inhibición de enzimas alfa-amilasa y alfa-glucosidasa. El mejor tratamiento para la actividad hipoglucemiante es sin la aplicación de calor.

La actividad antioxidante e hipoglucemiante presente en los botones florales está directamente relacionada con las interacciones de las condiciones de almacenamiento y del tratamiento térmico aplicado, siendo la interacción C-S (congelado-sin tratamiento térmico) la ideal para obtener mayor contenido de fenoles y una mejor actividad inhibitoria con respecto a las enzimas alfa-amilasa y alfa-glucosidasa.

Debido al contenido de fenoles totales y al alto grado de inhibición de las enzimas alfa-amilasa y alfa-glucosidasa, los botones de palma de coateco (*Cryosophila nana*) son una importante fuente de antioxidantes por lo que pudiera ser utilizado como materia prima en la formulación de un alimento funcional que ayude a controlar o regular los niveles de glucosa en sangre de personas con diabetes tipo II.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A. Fox, B. & G. Cameron, A., 2004. *Ciencia de los Alimentos, Nutrición y Salud*. Primera ed. México D.F.: Editorial Limusa.

Abirami, A., Nagarani, G. & Siddhuraju, P., 2014. In Vitro antioxidant, anti-diabetic, cholinesterase and tyrosinase inhibitory potential of fresh juice from Citrus hystrix and C. maxima fruits. *Food Science and Human Wellness*, 3(1), pp. 16-25.

Arumugam, A., Gunasekaran, N. & Perumal, S., 2014. In vitro antioxidant, anti-diabetic, cholinesterase and tyrosinase inhibitory potential of fresh juice from Citrus hystrix and C. maxima fruits. *Food Science and Human Wellness*, 3(1), pp. 16-25.

Barquera Cervera, S. y otros, 2016. *Fundación MÍDETE, Recomendaciones desde la sociedad civil*. [En línea] Available at: http://oment.uanl.mx/wp-content/uploads/2016/11/FMidete_Asumiendo-Control-Diabetes-2016.pdf [Último acceso: 26 febrero 2018].

Baynes, J. W. & Dominiczak, M., 2011. *BIOQUÍMICA MÉDICA*. Tercera ed. España: ELSEVIER.

Beidokhti, M. N. & Jäger, A. K., 2017. Review of Antidiabetic Fruits, Vegetables, Beverages, Oils and Spices Commonly Consumed in the Diet.. *Journal of Ethnopharmacology*, Volumen 201, pp. 26-41.

Benvenuti, S., Bortolotti, E. & Maggini, R., 2016. Antioxidant power, Anthocyanin Content and Organoleptic Performance of Edible Flowers. *Scientia Horticulturae*, Volumen 199, pp. 170-177.

C.S.P Pires, T., Dias, M. I., Barros, L. & Ferreira, I. C., 2017. Nutritional and Chemical Characterization of Edible Petals and Corresponding Infusions: Valorization as New Food Ingredients. *Food Chemistry*, Volumen 220, pp. 337-343.

Chavez Olivera, A., 2018. *Generalidades de la palma de coateco* [Entrevista] (4 Abril 2018).

Chen, G.-L.y otros, 2015. Total Phenolic, Flavonoid and Antioxidant Activity of the 23 Edible Flowers Subjected to in Vitro Digestion.. *Journal of Functional Foods*, Volumen 17, pp. 243-259.

Chong, E. & Herrera Novey, W., 2018. *Diabetes mellitus tipo 2: hipoglicemiantes orales*. [En línea] Available at: <http://www.revistamedicocientifica.org/uploads/journals/1/articles/181/public/181-629-1-PB.pdf> [Último acceso: 28 2 2018].

Cordera, R. & Adami, G., 2016. disease modifier sugery for type 2 diabetes. *World Journal of Diabetes*, 7(2), pp. 27-33.

Cuningham, E., 2015. What Nutritional Contribution do Edible Flowers Make. *Nutrition and Diabetics*, p. 856.

Das, B., De, A., Das, S. & Samanta, A., 2017. A New Exploration of Dreger Volubilin Flowers: Focusing on Antioxidant and Antidiabetic Properties. *South African Journal of Boteny*, Volumen 109, pp. 16-24.

Espinosa Palacios, E., 2006. *Cryosophila nana (Kunth) Blume ex Salomon, 1887*. México: SNIB-CONABIO.

Federación Internacional de Diabetes, 2014. *International Federation of Diabetes*. [En línea] Available at: <http://www.idf.org/diabetesatlas/5e/es/mortalidad> [Último acceso: 26 02 2018].

Fernández, L. y otros, 2017. Edible flowers: A Reviev of the Nutritional, Antioxidant, Antimicrobial Properties and Effects on Human Health.. *Journal of Food Composition and Analysis*, Volumen 60, pp. 38-50.

Gallego Muñoz, C. & Ferreira Alfaya, F. J., 2015. Plantas medicinales en el tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo II: una revisión. *Farmacéuticos Comunitarios*, 7(4), pp. 27-34.

Gonzales Barrio, R. y otros, 2018. Chemical composition of the edible flowers, pansy (*Viola wittrockiana*) and snapdragon (*Antirrhinum majus*) as new sources of bioactive compounds. *Food Chemistry*, Volumen 252, pp. 373-380.

Granados Coello, S., Norman, B., Gonzalez, P. & Echeverri, F., 2014. EVALUACIÓN DEL EFECTO HIPOGLUCEMIANTE DE *Jatropha gossipifolia* EN MODELOS In vitro E. *VITAE, REVISTA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA*, 21(1), pp. S55-S56.

Group DC, E., 2013. *Global Healing Center*. [En línea] Available at: <https://www.globalhealingcenter.net/salud-natural/amilasa-beneficios.html>

[Último acceso: 18 Abril 2018].

He, J. y otros, 2015. Phenolic Compounds and Antioxidant Actiities of Edible Flowers of *Pyrus pashia*.. *Journal of Functional Foods*, Volumen 17, pp. 371-379.

Jaramillo Jaramillo, C. G. y otros, 2015. Fitoquímica preliminar, actividad antioxidante e hipoglucemiante de extractos de hojas de *Cnidioscolus aconitifolius* (Mill.) I. M. Johnst (chaya). *Revista Cubana de Farmacia*, 49(3), pp. 543-556.

Justil G., C., Angulo H., P., Justil G., H. & Arroyo A., J., 2015. Evaluación de la actividad hipoglicemiante del extracto acuoso de *Abuta grandifolia* en ratas con diabetes inducida por aloxano.. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú.*, 26(2), pp. 206-212.

Kaisoon, O., Konczak, I. & Siriamornpun, S., 2012. Potential health enhancing properties of edible flowers flor Thailand. *Food Research International*, Volumen 46, pp. 563-571.

Lara Cortés, E. y otros, 2014. Actividad Antioxidante, Composición Nutrimental y Funcional de Flores Comestibles de Dalia. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 20(1), pp. 101-110.

Lemus, M., Ramos, Y., Liscano, A. & D' Armas, H., 2013. Efecto hipoglicemiante del extracto acuoso de *Phyllanthus niruri* (Euphorbiaceae), en ratas diabéticas. *Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 23(1), pp. 11-18.

Lin Chen, G., 2015. Total Phenolic, Flavonoid and Antioxidant Activity of 23 Edible Flowers Subjected to In Vitro Digestion. *Journal of Functional Foods*, Volumen 17, pp. 243-259.

Llinás Castro, R., Alvais Estrada, L. & Mendoza Goez, L., 2017. Evaluación de la prescripción de glibenclamida en diabeticos tipo 2. *revista de la Universidad Industrial de Santander*, 49(1), pp. 9-15.

Loizzo, M. R. y otros, 2011. Phytochemical Profile, Antioxidant, Anti-inflammatory and Hypoglycemic Potencial of Hydroalcoholic Extracts from *Citrus Medica* L. cv Diamante Flowers, Leaves and Fruits at Two Maturity Stages. *Food and Chemical*, Volumen 49, pp. 1549-1555.

López Martínez, L. X., Aguilar Cisneros, L. M. & Dublán, G. O., 2014. Actividad Antioxidante e Inhibitoria de α -amilasa de tres variedades de cebolla (*Allium cepa* L.). *Nova Scientia*, 6(12), pp. 234-247.

Medina Pérez, E. y otros, 2017. Diabetes gestacional. Diagnostico y tratamiento en el primer nivel de atención. *Med Int Méx.*, 33(1), pp. 91-98.

Mendoza Meza, D. L. & Medina Valdés, R., 2015. Inhibición in vitro de las enzimas alfa-amilasa y lipasa pancreatica por fracciones fenolicas de extractos etanolicos de hojas de Yacón (*smallanthus sochifolius* Poepp. Endl). *Avances en Química*, 10(1), pp. 33-40.

Miller, T., 1984. *Bioquímica*. primera ed. México: Interamericana.

Mlcek, J. & Otakar, R., 2011. Fresh Edible Flowers of Ornamental Plants. A New Source of Nutraceutical Foods. *Trends in Food Science and Technology*, Volumen 22, pp. 561-569.

Montoya-Castilla, I.-R. M. P.-M., 2015. Diabetes mellitus tipo 1: breve revisión de los principales factores psicológicos asociados. *Anales de Pediatría*, 82(1), pp. 143-146.

Mora Olivo, A., Hurtado González, M., Gaona García, G. & Treviño Carreón, J., 2009. Chiochas: Las flores comestibles del desierto. *Cincia UAT*, 4(2), pp. 10-13.

Naik, S. R. & Kokil, G. R., 2013. Development and Discovery Avenues in Bioactive Natural Products for Glycemic Novel Therapeutics. *Studies in Natural Products Chemistry*, 39(1), pp. 431-466.

Nielsen, S. S., 2009. *Análisis de los Alimentos*. Primera ed. España: Acribia.

Olivera Triste, M. R., 2018. *Generalidades sobre el consumo de la flor de coateco* [Entrevista] (4 Abril 2018).

Prado Barragán, L. . A., Huerta Ochoa, S., Rodriguez Serrano, G. & Saucedo Castañeda, G., 1999. *Avances en purificación y aplicación de enzimas en biotecnología*. primera ed. México, D.F.: Gráficos eFe de Offset Libra.

Puentes, J. P., 2016. Plantas Medicinales y productos derivados comercializados como antidiabéticos en la corbación Buenos Aires-La Plata, Argentina. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 15(6), pp. 373-397.

Quan, H. y otros, 2011. Molecular characterization and hypoglycemic activity of a novel water-soluble polysaccharide from tea (*Camellia sinensis*) flower.. *Carbohydrate Polymers*, Volumen 86, pp. 797-805.

Rana M., I. y otros, 2015. HPLC-DAD-MS/MS Profiling of Phenolics From *Securigera securidaca* Flowers and its Anti-hyperglycemic and Anti-hyperlipidemic Activities.. *Revista Brasileira de Farmacognosia*., Volumen 25, pp. 134-141.

Rojas de P., E., Molina, R. & Rodríguez, C., 2012. DEFINICION, CLASIFICACION Y DIAGNOSTICO DE LA DIABETES MELLITUS. *Revista Venezolana de Endocrinología y Metabolismo*, 10(1), p. 6.

Sánchez, J., Oliva, Y. & Marrero, E., 2014. Hypoglycemic affect of *Allophylus cominia* (L) Sw leaves aqueous extract in a rat model of type 2. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 13(2), pp. 198-204.

Sosa N, M. y otros, 2002. Determinación del Efecto Inhibitorio de los Polifenoles presentes en la Fresa (*Fragaria vesca* L.) sobre la Enzima Alfa Amilasa.. *Revista de la facultad de farmacia* , Volumen 43, pp. 47-49.

Stumpf, P. K. & Conn, E. E., 1973. *Bioquímica Fundamental*. segunda ed. México: Editorial Limusa.

Triste Ramirez, M., 2017. *Formas de consumo de los hijitos de coateco* [Entrevista] (7 septiembre 2017).

Troya-Santos, J., Ale-Borja, N. & Suárez-Cunza, S., 2017. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE in vitro Y EFECTO HIPOGLUCEMIANTE DE LA MACA. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 83(1), pp. 40-51.

Valenzuela Soto, R., Morales Rubio, M. E., Verde Star, M. J. & Oranday Cárdenas, 2015. *Cnidocolus chayamansa* hidropónica orgánica y su capacidad hipoglucemiante, calidad nutraceutica. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(4), pp. 815-825.

YI, Z. y otros, 2015. Hypoglycemic Activity Evaluation and Chemical Study on Holly Hock Flowers. *Fitoterapia*, Volumen 102, pp. 7-14.

Zárate, A., Islas, S. & Saucedo, R., 2014. Eficacia y efectos adversos de los antidiabéticos orales. *Gaceta Medica de México*, 5(7), pp. 5-7.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable Humedad.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	3	243,44758	81,1492	70,1161
Error	16	18,51768	1,1574	Prob > F
C. Total	19	261,96525		<.0001

Anexo 2. Análisis de varianza para la variable Materia Seca.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	3	243,44757	81,1492	70,1161
Error	16	18,51768	1,1574	Prob > F
C. Total	19	261,96525		<.0001

Anexo 3. Análisis de varianza para la variable Cenizas.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	3	16,977895	5,65930	29,0425
Error	16	3,117800	0,19486	Prob > F
C. Total	19	20,095695		<.0001

Anexo 4. Análisis de varianza para la variable Grasa.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	3	0,19277500	0,064258	13,2628
Error	16	0,07752000	0,004845	Prob > F
C. Total	19	0,27029500		0,0001

Anexo 5. Análisis de varianza para la variable Proteína.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	3	0,1914400	0,063813	0,4157
Error	16	2,4563600	0,153522	Prob > F
C. Total	19	2,6478000		0,7441

Anexo 6. Análisis de varianza para la variable Carbohidratos.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	3	16,187700	5,39590	14,5673
Error	16	5,926600	0,37041	Prob > F
C. Total	19	22,114300		<.0001

Anexo 7. Análisis de varianza para la variable Fenoles Totales.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	3	70899,608	23633,2	23,5744
Error	16	16039,932	1002,5	Prob > F
C. Total	19	86939,540		<.0001

Anexo 8. Análisis de varianza para la variable alfa-Amilasa.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	3	2657438,4	885813	35682,07
Error	16	397,2	25	Prob > F
C. Total	19	2657835,6		<.0001

Anexo 9. Análisis de varianza para la variable alfa-Glucosidasa.

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	3	1,10116e10	3,67052e9	1210893
Error	16	48500	3031,25	Prob > F
C. Total	19	1,10116e10		<.0001

Anexo 10. Prueba de medias Tukey de interacción para Humedad.

Level				Least Sq Mean
Congelación,Con	A			88,440000
Ambiente,Con		B		86,164000
Congelación,Sin			C	80,818000
Ambiente,Sin			C	80,232000

Anexo 11. Prueba de medias Tukey de interacción para Cenizas.

Level				Least Sq Mean
Congelación,Sin	A			11,348000
Ambiente,Con	A			10,864000
Ambiente,Sin	A			10,692000
Congelación,Con		B		8,914000

Anexo 12. Prueba de medias Tukey de interacción para Grasa.

Level				Least Sq Mean
Ambiente,Con	A			3,3260000
Congelación,Sin	A	B		3,2140000
Congelación,Con		B	C	3,1380000
Ambiente,Sin			C	3,0600000

Anexo 13. Prueba de medias Tukey de interacción para Proteína.

Level			Least Sq Mean
Ambiente,Sin	A		31,478000
Congelación,Con	A		31,378000
Ambiente,Con	A		31,286000
Congelación,Sin	A		31,218000

Anexo 14. Prueba de medias Tukey de interacción para Carbohidratos.

Level			Least Sq Mean
Congelación,Con	A		56,516000
Ambiente,Sin		B	54,754000
Ambiente,Con		B	54,508000
Congelación,Sin		B	54,202000

Anexo 15. Prueba de medias Tukey de interacción para Fenoles Totales.

Level			Least Sq Mean
Congelación,Sin	A		585,34000
Congelación,Con	A		551,70400
Ambiente,Con		B	473,83800
Ambiente,Sin		B	436,04800

Anexo 16. Prueba de medias Tukey de interacción para inhibición de alfa-Amilasa.

Level					Least Sq Mean
Congelación,Sin	A				1743,8900
Ambiente,Sin		B			1622,2060
Congelación,Con			C		1076,2300
Ambiente,Con				D	871,2960

Anexo 17. Prueba de medias Tukey de interacción para inhibición de alfa-Glucosidasa.

Level					Least Sq Mean
Congelación,Sin	A				62995,000
Ambiente,Con		B			62505,000
Ambiente,Sin			C		35455,000
Congelación,Con				D	5965,000