

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



IDENTIFICACIÓN DE BIOMOLÉCULAS DE DIFERENTES PLANTAS
CON ACTIVIDAD HIPOGLUCEMIANTE

Tesis

Que presenta MELY TRINIDAD OLIVERA TRISTE

Como requisito parcial para obtener el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Torreón, Coahuila

Diciembre 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



IDENTIFICACIÓN DE BIOMOLÉCULAS DE DIFERENTES PLANTAS CON
ACTIVIDAD HIPOGLUCEMIANTE

Tesis

Que presenta MELY TRINIDAD OLIVERA TRISTE

Como requisito parcial para obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA

Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó
Director UAAAN

Dr. Juan Alberto Ascacio Valdés
Director Externo UAdeC

Torreón, Coahuila

Diciembre 2020

IDENTIFICACIÓN DE BIOMOLÉCULAS DE DIFERENTES PLANTAS CON
ACTIVIDAD HIPOGLUCEMIANTE

Tesis

Elaborada por MELY TRINIDAD OLIVERA TRISTE como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Producción Agropecuaria con la supervisión y aprobación del Comité de Asesoría



Dr. Antonio Francisco Aguilera Carbó
Asesor Principal



Dr. Juan Alberto Ascacio Valdés
Asesor



M.E. Laura Olivia Fuentes Lara
Asesor



Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán
Jefe de Departamento de Postgrado



Dr. Marcelino Cabrera De La Fuente
Subdirector de Postgrado

AGRADECIMIENTOS

Doy gracias a Dios por darme fuerza y sabiduría para concluir una etapa más, una maestría en ciencias siempre fue un sueño y ahora una realidad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el financiamiento para los estudios de postgrado a través de la beca otorgada.

A mi Alma Mater la "Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro" por abrirme nuevamente sus puertas y acogerme por dos años más.

A mis asesores el Doctor Antonio Francisco Aguilera Carbó, La Maestra Laura Olivia Fuentes Lar y al doctor Juan Alberto Ascacio Valdés mi respeto y gratitud por su dirección y asesoramiento.

A la señora Aurelia Nájera Cruz por su dedicación y apoyo incondicional que brinda a todos los alumnos de postgrado, nos hace más amena y agradable la estadía en el programa. Le agradezco de corazón.

DEDICATORIA

Mis logros siempre van dirigidos a las personas más importantes en mi vida, las que me han inspirado y apoyado de manera incondicional.

*A mi mami **Mely Triste Ramírez**, madre sabes que te pienso y te honro todo el tiempo y a la distancia mi corazón siempre está contigo, eres mi soporte, siempre tienes una palabra de aliento para calmarme, sin ti no podría lograr mis metas ni sería la persona que soy, tu amor es incondicional e infinito así como mi gratitud y admiración hacia ti. Gracias por tanto. Te amo con el alma mamita.*

*A mi mamá **Miriam Rosario Olivera Triste**, gracias por estar para mí y apoyarme en todo momento, nunca me dejas sola y no te das por vencida a pesar de los obstáculos de la vida, eres mi ejemplo de carácter y disciplina, me ayudas a enfrentar situaciones complicadas y mantenerme siempre firme. Te amo infinitamente.*

*A mi papá Nico, el señor **Nicolás René Olivera**, mi ángel, sé que me cuidas y proteges desde el cielo, gracias por dejarnos ese gran legado, el de siempre trabajar y hacer las cosas bien, el tener carácter para cumplir nuestras metas y salir adelante, eres un gran ejemplo de ser humano, seguiré tus pasos para honrar tu memoria y llegar a ser tan grande como tú. Te llevo siempre en el corazón.*

*A mi hermana **Aylín Olivera Triste**, mi única hermana a quien adoro con todo el corazón, gracias por estar para mí, eres mi ejemplo de responsabilidad y dedicación, recuerda que siempre estaré para apoyarte.*

*A mi novio **Luis Carlos Gallegos Estrella**, amor, eres esa chispa que le da alegría a mis días, gracias por tu apoyo incondicional, tu amor y tu confianza, por estar siempre a mi lado y apoyarme incondicionalmente. Te amo.*

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIA	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESÚMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	2
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo General	3
1.2.2 Objetivos Específicos	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 IMPLICACIONES ECONÓMICAS	5
2.2 TRATAMIENTOS.....	5
2.2.1 Métodos Convencionales	5
2.2.2 Métodos Alternativos	6
2.3 PLANTAS CON PROPIEDADES MEDICINALES	7
2.4 PLANTAS COMESTIBLES CON POTENCIAL ANTIDIABÉTICO	8
2.5 COMPUESTOS FENÓLICOS	9
2.5.1 Estructura Química y su Clasificación	10
2.5.2 Fenoles Simples	10
2.5.3 Fenoles Ácidos.....	11
2.5.4 Cumarinas	11
2.5.5 Xanthonas, Estilbenos y Benzofenonas	12
2.5.6 Quinonas	12
2.5.7 Betacianinas.....	13
2.5.8 Lignanos y ligninas	13
2.5.9 Flavonoides	14
2.5.10 Chalconas	14

2.5.11 Auronas	15
2.5.12 Flavononas y Flavanonoles	15
2.6 COMPUESTOS FENÓLICOS PRESENTES EN VEGETALES.....	16
2.7 IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES	16
2.8 ACTIVIDAD BIOLÓGICA.....	17
2.9 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE	17
2.10 ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA.....	18
2.11 ACTIVIDAD ANTICÁNCER	18
2.12 OTRAS ACTIVIDADES BIOLÓGICAS	18
2.13 INFLORESCENCIA DE PALMA DE COATECO (<i>Cryosophila nana</i>)	18
2.13.1 Distribución Geográfica	18
2.13.2 Clasificación Taxonómica.....	19
2.13.3 Descripción General.....	20
2.13.4 Usos Tradicionales.....	21
2.14 ÁRBOL DE CANELA (<i>Cinnamomum verum</i>).....	21
2.14.1 Generalidades	21
2.14.2 Clasificación Taxonómica.....	22
2.14.3 Propiedades y Usos Medicinales	22
2.15 ÁRBOL DE NÍSPERO (<i>Eriobotrya japonica</i>)	23
2.15.1 Descripción.....	23
2.15.2 Cultivo	24
2.15.3 Taxonomía	24
2.15.4 Usos Medicinales	25
2.16 ÁRBOL DE MORINGA (<i>Moringa oleífera</i>)	25
2.16.1 Descripción General	25
2.16.2 Taxonomía	26
2.16.3 Usos	26
2.17 SEMILLA DE CAOBA (<i>Swietenia macrophylla</i>).....	27
2.17.1 Descripción General	27
2.17.2 Taxonomía	28
2.17.3 Interés Económico y Forestal	28
2.17.4 Usos	29

MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1 MATERIAL BIOLÓGICO.....	30
3.2 DESHIDRATACIÓN DE LAS MUESTRAS VEGETALES.....	30
3.2.1 Molienda del Material	30
3.3 CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA	30
3.4 DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA TOTAL.....	30
3.5 DETERMINACIÓN DE CENIZAS	31
3.6 DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO	31
3.7 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA CRUDA.....	31
3.8 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA	32
3.9 DETERMINACIÓN DE AZÚCARES TOTALES Y REDUCTORES.....	32
3.10 DETERMINACIÓN DE FENOLES HIDROLIZABLES TOTALES	33
3.11 DETERMINACIÓN DE TANINOS CONDENSADOS.....	33
3.12 CROMATOGRAFÍA EN COLUMNA	33
3.13 CROMATOGRAFÍA LIQUIDA DE ALTA RESOLUCIÓN (HPLC).....	33
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1 ANÁLISIS PROXIMAL	35
4.2 CUANTIFICACIÓN DE AZÚCARES TOTALES	35
4.3 CUANTIFICACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES.....	36
4.4 CUANTIFICACIÓN DE TANINOS CONDENSADOS	37
4.5 CUANTIFICACIÓN DE FENOLES TOTALES	38
4.6 RESULTADOS HPLC-Ms.....	39
CONCLUSIONES	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

ÍNDICE DE CUADROS

Tabla 1. Plantas medicinales y productos derivados comercializados como antidiabéticos en Buenos Aires-La Plata, Argentina	7
Tabla 2. Azúcares totales en mg/g de sacarosa.....	35
Tabla 3. Azúcares reductores en mg/g de glucosa.....	35
Tabla 4. Taninos condensados en mg/g de catequina.....	36
Tabla 5. Concentración de fenoles totales en mg/g de ácido gálico.....	37
Tabla 6. Concentración de compuestos identificados mediante HPLC- Ms.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura química del fenol.....	9
Figura 2 Estructuras de compuestos fenólicos simples.....	9
Figura 3 Ácidos hidroxibenzoicos.....	10
Figura 4 Ácidos hidroxicinámicos.....	10
Figura 5 Umbeliferona.....	11
Figura 6 Benzofenona, xanthona y resveratrol.....	11
Figura 7 Quinonas.....	11
Figura 8 Betanidina.....	12
Figura 9 Lignanos.....	13
Figura 10 Estructura básica de un flavonoide.....	13
Figura 11 Chalconas.....	14
Figura 12 Estructura común de una aurona común.....	14
Figura 13 Flavanonas y flavanones.....	15
Figura 14 Mecanismo químico de la acción antioxidante de los polifenoles.....	16
Figura 15 Distribución geográfica de la palma de coateco.....	18
Figura 16 Palma de coateco.....	19
Figura 17 Botones florales de palma de coateco.....	19
Figura 18 Árbol de canela.....	20
Figura 19 Partes de la canela.....	21
Figura 20 Canela.....	22
Figura 21 Árbol de níspero con frutos.....	23
Figura 22 Rama de <i>Eriobotrya japonica</i>	23
Figura 23 Árbol de moringa.....	25
Figura 24 Vainas de moringa.....	25
Figura 26 Semillas de caoba.....	27
Figura 27 Concentración de datos del análisis proximal de las plantas...34	

RESÚMEN

La diabetes *mellitus* es una enfermedad crónica que se presenta cuando los niveles de glucosa en la sangre son muy elevados, es causada por factores genéticos, obesidad, 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.

El desarrollo de productos farmacéuticos requiere una investigación exhaustiva de las plantas medicinales y con historia de uso en etnomedicina para el tratamiento de diversas patologías crónicas y/o infecciosas. En el siguiente estudio se propuso la identificación de compuestos bioactivos presentes en los extractos acuosos de cinco plantas diferentes utilizadas de manera tradicional para tratamiento de diabetes *mellitus* II, con el fin de mejorar el conocimiento sobre estos fitoconstituyentes, probablemente responsables de algunas de las actividades biológicas antioxidantes, hipoglucemiantes y antidiabéticas atribuidas al consumo.

Las plantas son las siguientes: Palma de coateco (*Cryosophila nana*), hojas de níspero (*Eriobotria japonica*), moringa (*Moringa oleífera*), semilla de caoba (*Swietenia macrophylla*) y canela (*Cinnamomum verum*). Se realizó un análisis proximal para comparar su potencial nutricional, además de análisis de fenoles totales, taninos condensados, azúcares reductores, azúcares totales y la identificación de moléculas mediante HPLC-MS. Se evidenció que los extractos acuosos proporcionan una importante concentración de compuestos con actividad biológica, la hiperglucemia, la diabetes *mellitus* y otras afecciones, han sido relacionadas con el estrés oxidativo, y por tanto con los antioxidantes. Se propone más adelante, evaluar la capacidad reductora y antioxidante en el extracto de estas plantas con solventes orgánicos, la existencia de reportes con este tipo de solventes evidencia un mayor rendimiento de compuestos fenólicos, por lo que es probable que esa cantidad de compuestos fenólicos con capacidad antioxidante, puedan ser de mayor utilidad en el tratamiento de la diabetes *mellitus* y otras enfermedades degenerativas.

Palabras clave: Diabetes *mellitus*, hipoglucemiante, molécula, fenoles, antioxidante.

ABSTRACT

Diabetes *mellitus* is a chronic disease that occurs when blood glucose levels are very high, it is caused by genetic factors, obesity, poor eating habits, among others. It is the second cause of mortality in Mexico; Due to the great social and economic impact it generates, alternatives have been sought to cope with the disease and thus have a better quality of life.

The development of pharmaceutical products requires a thorough investigation of medicinal plants and with a history of use in ethnomedicine for the treatment of various chronic and / or infectious pathologies. In the following study, the identification of bioactive compounds present in the aqueous extracts of five different plants traditionally used for the treatment of diabetes *mellitus* II was proposed, in order to improve the knowledge about these phytoconstituents, probably responsible for some of the biological activities antioxidants, hypoglycemic and antidiabetic agents attributed to consumption.

The plants are the following: Coateco palm (*Cryosophila nana*), medlar leaves (*Eriobotria japonica*), moringa (*Moringa oleifera*), mahogany seed (*Swietenia macrophylla*) and cinnamon (*Cinnamomum verum*). A proximal analysis was carried out to compare its nutritional potential, in addition to analysis of total phenols, condensed tannins, reducing sugars, total sugars and the identification of molecules by HPLC-MS. It was evidenced that the acid extracts provide a significant concentration of compounds with biological activity, hyperglycemia, diabetes mellitus and other conditions have been related to oxidative stress, and therefore to antioxidants. It is proposed later, to evaluate the reducing and antioxidant capacity in the extract of these plants with organic solvents, the existence of reports with this type of solvents shows a higher yield of phenolic compounds, so it is likely that that amount of phenolic compounds with antioxidant capacity, may be more useful in the treatment of diabetes *mellitus* and other degenerative diseases.

Keywords: Diabetes *mellitus*, hypoglycemic agent, molecule, phenols, antioxidant.

INTRODUCCIÓN

La diabetes *mellitus* es una enfermedad crónica degenerativa de causas múltiples, se puede presentar en niños y adultos, 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 tres tipos de diabetes:

Diabetes tipo uno: 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 dos: 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 este tipo de diabetes.

Diabetes gestacional: solo se presenta durante el embarazo, es pasajera.

Según datos de la Organización Mundial de la Salud en el año 1980 aproximadamente 108 millones de adultos en todo el mundo padecían diabetes, pero en el año 2014 ésta cifra se incrementó llegando a los 422 millones de adultos con este 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.

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 esta 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

En México, el uso de plantas medicinales se desarrolló en las culturas prehispánicas debido a la extensa flora y la amplitud de grupos indígenas que conservan sus tradiciones, el país presenta las óptimas condiciones para identificar plantas que podrían fungir como base para el desarrollo de nuevas alternativas para el tratamiento de la diabetes *mellitus*.

Desde hace varias décadas el tratamiento de la diabetes *mellitus* tipo II es apoyado por el uso de la medicina tradicional que poco a poco ha tomado bases científicas, esta alternativa puede ser de gran beneficio, especialmente durante las primeras etapas de la enfermedad; existe evidencia científica en el empleo de fitomedicamentos o suplementos alimenticios a base plantas con menos efectos secundarios y son utilizados como parte de la medicina alternativa.

De manera tradicional y por costumbres heredadas de ancestros existen personas con grandes conocimientos empíricos sobre el uso de recursos etnobotánicos pero no existe gran sustento científico de muchos tipos de plantas utilizadas específicamente para el tratamiento de la diabetes *mellitus*, es por eso el interés de desarrollar una investigación enfocada en recopilar información y comprobar la efectividad de algunos ejemplos de plantas utilizadas de manera tradicional, también esta actividad es contrastada con la química intrínseca y su evaluación en modelos animales con el propósito de mostrar datos concisos que avalen su empleo como alternativa

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 la importancia de dar a conocer alternativas naturales y abrir un campo de buenas y mejores opciones para controlar ésta enfermedad y con ello ayudar al desarrollo y la economía de las zonas rurales.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

El objetivo del presente trabajo es la identificación de biomoléculas en diferentes plantas que promuevan la actividad hipoglucemiante.

1.2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Determinar la composición nutrimental de las diferentes plantas mediante análisis proximal.
- ✓ Analizar la actividad antioxidante de las plantas mediante la cuantificación de fenoles totales
- ✓ Determinar los taninos condensados
- ✓ Evaluar azúcares reductores y totales
- ✓ Realizar la identificación de biomoléculas mediante HPLC-Ms

REVISIÓN DE LITERATURA

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 con 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).

2.1 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 590 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 y el 55 % se dieron en mujeres como consecuencia del sobrepeso, la obesidad y la inactividad física (Federación Internacional de Diabetes, 2014).

2.2 TRATAMIENTOS

En los tratamientos de 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 pregestacional, 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).

2.2.1 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).

2.2.2 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 e 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).

2.3 PLANTAS CON PROPIEDADES MEDICINALES

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*) presentaron 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 muestran 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</i> L 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 nutracéutico debido a que inhibe enzimas como la α -amilasa y α -glucosidasa (Abirami, *et al.*, 2014).

2.4 PLANTAS COMESTIBLES CON POTENCIAL ANTIDIABÉTICO

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 plantas 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 plantas medicinales (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 plantas como medicina alternativa es común en diferentes regiones del mundo, por ejemplo en los países de Irán, India y Egipto se utiliza *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 una especie empleada para consumo como material medicinal en China debido a que el contenido de compuestos fenólicos juega un papel importante en la actividad antioxidante; se ha comprobado que otras fuentes naturales para prevenir enfermedades por estrés oxidativo son especies como *Osmanthus fragrans*, *Paeonia lactiflora* y *Rosa rugosa* debido a su alta actividad antioxidante (He, *et al.*, 2015) (Chen, *et al.*, 2015)

De los macronutrientes presentes en las plantas 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 COMPUESTOS FENÓLICOS

Son compuestos químicos distribuidos en frutas y vegetales, son unos de los principales metabolitos secundarios de las plantas y su presencia en el reino animal se debe a la ingestión de éstas; tienen diferentes estructuras químicas y

actividades metabólicas específicas, son clasificados también como antioxidantes naturales en los alimentos por lo cual son englobados también dentro del grupo llamado alimentos funcionales (Cunningham, 2015) (Echeverría, *et al.*, 2016). Los fenoles contribuyen a pigmentar muchas partes de las plantas, cuando estos se oxidan dan lugar a las quinonas que producen un color pardo. Algunos alimentos ricos en fenoles son: la cebolla, el té, vino tinto, cacao, etc. (Gimeno Creus, 2004) (Gallegos Zurita, 2016).

Los compuestos fenólicos se dividen en tres principales grupos: flavonoides, ácidos fenólicos y polifenoles. Químicamente los fenoles se pueden definir como aquella sustancia que posee un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilo (Parras Loaiza & López Malo, 2009).

2.5.1 Estructura Química y su Clasificación

El fenol está compuesto por un anillo aromático (fenil) unido a un grupo hidroxilo (OH), el anillo aromático tiene un papel importante en las propiedades antioxidantes en la **figura 1** se muestra la estructura química del fenol.

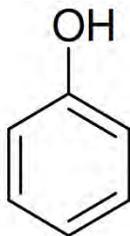


Figura 1 Estructura química del fenol (Peñarrieta J, *et al.*, 2014)

2.5.2 Fenoles Simples

Se caracterizan por tener dos o tres grupos hidroxilo en el anillo aromático como se muestra en la **figura 2** además de las propiedades antioxidantes estos compuestos poseen actividad biológica importante como antibióticos, antiparasitarios y citotóxicos (Peñarrieta J, *et al.*, 2014).

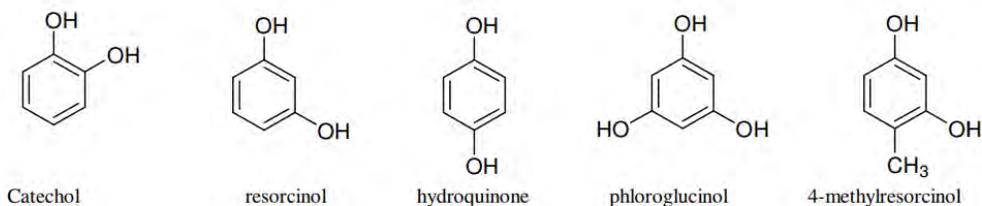


Figura 2 Estructuras de compuestos fenólicos simples (Peñarrieta *et al.*, 2014)

2.5.3 Fenoles Ácidos

Existen dos grupos de fenoles ácidos: los hidroxibenzoicos (**figura 3**) y los hidroxicinámicos (**figura 4**) que son más efectivos en la actividad antioxidante, debido a la presencia de más de un grupo hidroxilo y una mayor separación del grupo carbonilo al anillo aromático.

Los ácidos hidroxibenzoicos están presentes en alimentos tales como frutas, verduras y cereales, por otro lado, los ácidos hidroxicinámicos están presentes en uvas, manzanas, arándanos, espinacas, café, etc.

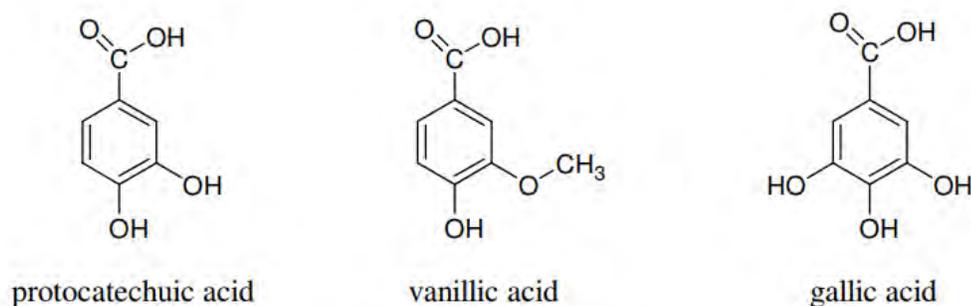


Figura 3. Ácidos hidroxibenzoicos (Peñarrieta *et al.*, 2014)

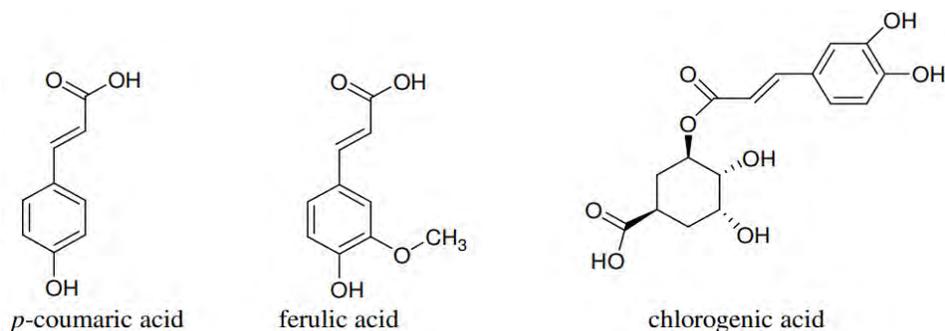


Figura 4. Ácidos hidroxicinámicos (Peñarrieta *et al.*, 2014).

2.5.4 Cumarinas

Se encuentran distribuidas en frutas y hortalizas, diversos estudios han demostrado que poseen actividad antioxidante y propiedades antibacterianas, la **figura 5** muestra un ejemplo de cumarina.

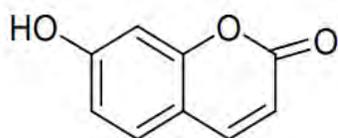
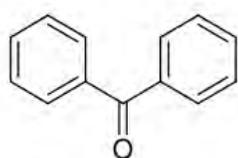


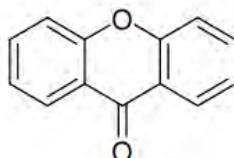
Figura 5. Umbeliferona (Peñarrieta *et al.*, 2014)

2.5.5 Xanthonas, Estilbenos y Benzofenonas

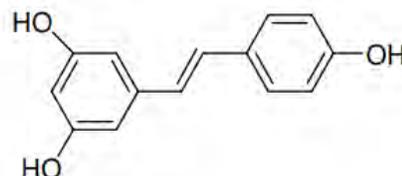
Estos compuestos se relacionan debido a que tienen dos anillos aromáticos unidos por un grupo cetona. Las xanthonas y benzofenonas se han encontrado en raíces y frutas exóticas, por otro lado, los estilbenos en diversos tipos de frutas y alimentos. En lo que respecta a la actividad biológica el resveratrol muestra actividad frente a enfermedades crónicas como la artritis y enfermedades cardiovasculares, además retrasa en envejecimiento; las xantinas tienen actividad antirotzoarios y contra la Leishmania, en la **figura 6** se muestran las estructuras químicas de los compuestos antes mencionados.



Benzophenone



xanthone



resveratrol

Figura 6. Benzofenona, xanthona y resveratrol (Peñarrieta *et al.*, 2014).

2.5.6 Quinonas

Poseen propiedades redox y la coenzima Q10 es considerada un potente antioxidante. Se caracterizan por un anillo diona conjugado (como se muestra en la **figura 7**) y pueden ser clasificados como ubiquinonas o antraquinonas, como la emodin y naftoquinonas (Cunningham, 2015).

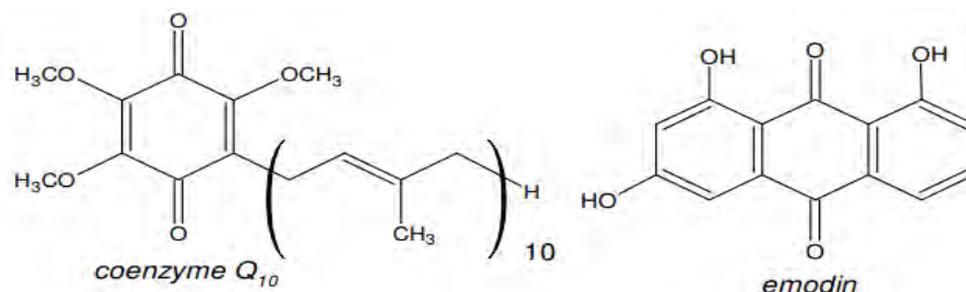


Figura 7 Quinonas (Peñarrieta et al., 2014)

2.5.7 Betacianinas

Son los pigmentos responsables del color rojo de los vegetales, han sido encontrados en tunas y en el olluco, una raíz andina, además este compuesto ha demostrado tener una alta capacidad antioxidante *in vitro* (Martín, 2017).

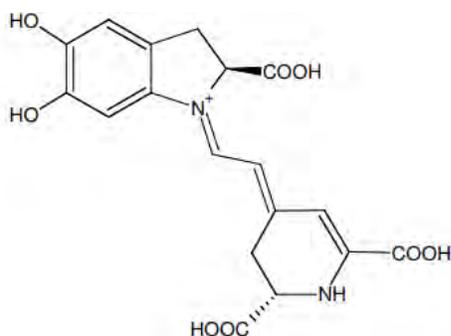


Figura 8. Betanidina (Peñarrieta et al., 2014)

2.5.8 Lignanos y ligninas

Son compuestos dímeros derivados de fenilalanina y alcohol cinámico (**figura 9**), han demostrado una actividad antioxidante importante, por lo que son considerados como una fuente de fitoestrógenos, los lignanos están presentes en alimentos como granos, hortalizas y uvas (Peñarrieta et al., 2014).

Su principal función biológica es la estructural ya que proporcionan apoyo a las plantas para el transporte del agua a través del tejido.

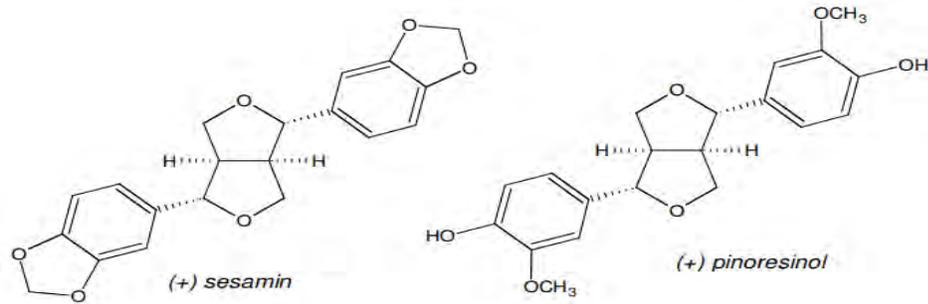


Figura 9. Lignanos (Peñarrieta *et al.*, 2014)

2.5.9 Flavonoides

Son un tipo de polifenoles que se encuentran en las plantas, son pigmentos naturales que protegen al organismo del daño causado por agentes oxidantes.

Contienen en su estructura un número variable de grupos hidroxilo (**figura 10**) y propiedades de quelación del hierro, por lo que se les atribuye una gran capacidad antioxidante (Martínez Flores *et al.*, 2002).

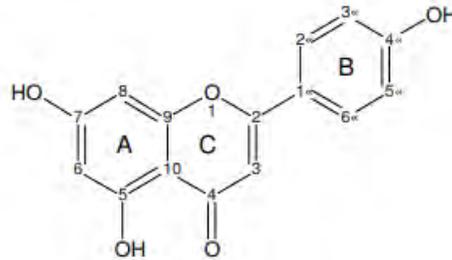


Figura 10. Estructura básica de un flavonoide (Peñarrieta *et al.*, 2014).

2.5.10 Chalconas

Tienen una cadena lineal para conectar los anillos A y B en lugar del anillo heterocíclico C (**figura 11**) son pigmentos que dan una tonalidad amarilla a las flores y frutas, un ejemplo de chalcona es el xanthohumol que se encuentra en el lúpulo y posee propiedades antioxidantes y antibacterianas.

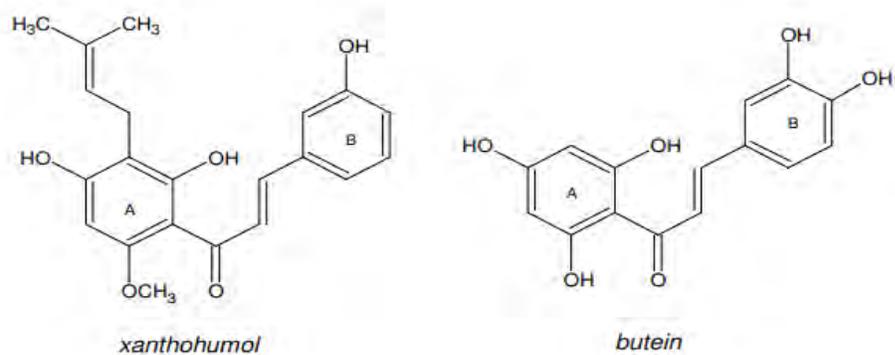


Figura 11. Chalconas (Peñarrieta et al., 2014).

2.5.11 Auronas

Al igual que las chalconas, las auronas (**figura 12**) son pigmentos y se encuentran en las flores, la actividad biológica de las auronas ha sido comprobada encontrando propiedades citotóxicas, antiparasitarias y antifúngicas.

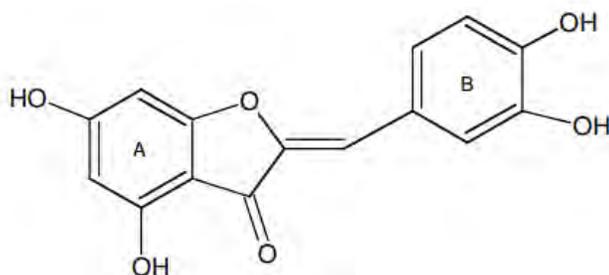


Figura 12. Estructura común de una aurona común (Peñarrieta et al., 2014)

2.5.12 Flavononas y Flavanoles

Las flavononas tienen propiedades antiinflamatorias, mientras que los flavanoles se ha encontrado que inhiben la síntesis de una serie de lípidos e ceulas humanas (**figura 13**). Estos compuestos son responsables de la amargura de los cítricos.

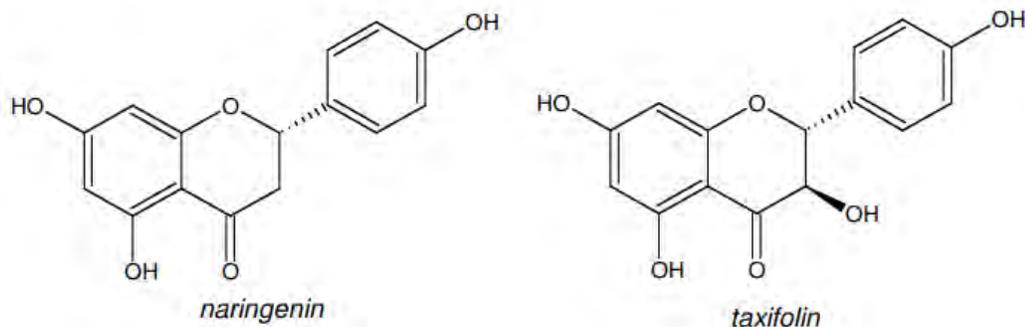


Figura 13. Flavononas y flavanonoles (Peñarrieta et al., 2014).

2.6 COMPUESTOS FENÓLICOS PRESENTES EN VEGETALES

Las plantas cumplen con la función de sintetizar una gran variedad de productos secundarios que en su estructura tienen un grupo fenol, estas sustancias reciben el nombre de compuestos fenólicos, polifenoles o fenil-propanoides (Martín, 2017).

En la actualidad existe un gran interés en realizar investigaciones y conocer el potencial antioxidante de las plantas con compuestos fenólicos y como ayudan a reducir la oxidación celular. Algunos estudios demuestran que algunos grupos fenólicos tienen presencia en el plasma y cuero de estas plantas, por lo que se podrían ser considerados nutrientes importantes (Parras Loaiza y López Malo, 2009) (Echeverria, *et al.*, 2016).

2.7 IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES

Para la identificación de estos compuestos se utilizan diversos métodos como la resonancia magnética nuclear, de carbono e hidrógeno (^1H RMN, ^{13}C RMN), con esas técnicas es posible conocer el tipo de hidrógenos y carbonos presentes en la molécula y es muy importante para la elucidación estructural; la cromatografía de gases acoplada a detectores selectivos de masas (GC-MS) es útil para la identificación de compuestos ya conocidos. La cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC), es muy utilizada para la identificación y conteo de polifenoles, la cromatografía líquida acoplada a detectores UV-visible sin arreglo de diodo (HPLC-UV) también reporta la identificación de algunos compuestos fenólicos. Pero para cuantificar contenidos totales de polifenoles se utiliza el método Folin-Ciocalteu basado en la reactividad de los polifenoles con el reactivo de Folin-Ciocalteu a pH básico y permitiendo una cuantificación espectrofotométrica en 730 nm aunque este método solo da una idea de la cantidad de compuestos presentes, en la actualidad se ha tratado de cuantificar metabolitos específicos. (Martín, 2017).

2.8 ACTIVIDAD BIOLÓGICA

Debido al poder antioxidante que se presenta en los polifenoles existe una variedad de efectos benéficos, como la capacidad antimicrobiana, anticáncer, antioxidante, antiinflamatoria, entre otras (Martín, 2017).

El 59.4 % de personas habitantes de poblaciones rurales, manifiestan que atienden sus problemas de salud con plantas medicinales, el mismo estudio demuestra que el 83 % del total mantiene un buen estado de salud, y una pequeña parte de la población presenta problemas, son adultos mayores de entre 62 y 76 años de edad.

En las ultimas decadas se realizan ensayos de reconocimiento de metabolitos secundarios, con el fin de obtener los primeros indicios de compuestos de interés fitoquímico.

2.9 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Está relacionada mayormente a la presencia de los polifenoles gracias a la propiedad de estos compuestos de atrapar o inhibir la producción de radicales libres, los flavonoides actúan como tampones para capturar los radicales libres para generar el radical flavínivo, además la quercetina y otras flavanonas tienen la capacidad de quelar iones metálicos como el hierro y cobre evitando la formación de especies reactivas al oxígeno, en la **figura 14** se muestra el mecanismo de la acción antioxidante de los polifenoles (Dorman, 2004).

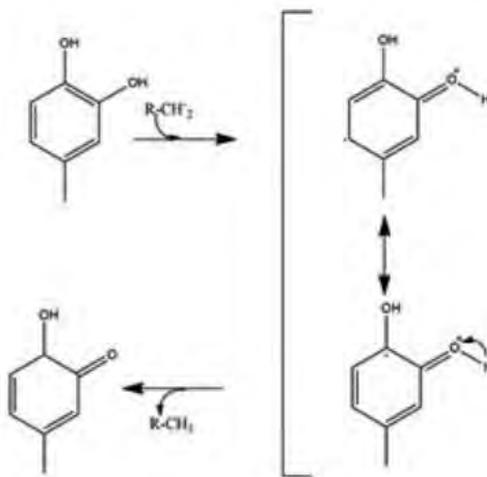


Figura 14. Mecanismo químico de la acción antioxidante de los polifenoles (Martín G, 2017)

2.10 ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA

La actividad antifúngica y antibacterial de los polifenoles está basada en la capacidad que tienen para inhibir el crecimiento, respiración y reproducción de los microorganismos, esta acción es realizada mediante mecanismos como la oxidación de enzimas específicas además la literatura reporta que los polifenoles se pueden unir a las cadenas de ADN para interrumpir la síntesis de proteínas para los microorganismos (Fernández *et al.*, 2017).

2.11 ACTIVIDAD ANTICÁNCER

Estudios recientes se han basado en identificar posibles mecanismos de acción para los flavonoides en la prevención del cáncer, que incluyen la actividad estrogénica, antiestrogénica, antiproliferativa, inducción del bloqueo del ciclo celular de células cancerosas en una fase determinada, así como la oxidación, inducción de las enzimas de detoxificación regulación del sistema inmune y cambios en la señalización celular. Se espera que una combinación de los mecanismos antes mencionados pueda ser la responsable del carácter preventivo del cáncer, además los polifenoles pueden proteger del cáncer mediante la inhibición del daño oxidativo del ADN, oxidación que parece ser la principal causa de mutaciones que podría ser reducida por los antioxidantes de la dieta (Martín, 2017; Barros *et al.*, 2017).

2.12 OTRAS ACTIVIDADES BIOLÓGICAS

Gracias a la acción antioxidante de los polifenoles, poseen efectos vasodilatadores, antitrombóticos, antiinflamatorios y antiapoptóticos, se han descrito otras propiedades de los flavonoides que favorecen también su efecto cardioprotector, los polifenoles poseen efectos antilipémicos y antiaterogénicos (Quiñones *et al.*, 2012).

En los últimos 30 años se han realizado diversos estudios epidemiológicos en países para evaluar el efecto de los hábitos dietéticos y el desarrollo de enfermedades cardiovasculares, en dichos estudios se encontró que la ingesta de flavonoides estaba inversamente asociada a la mortalidad por infartos al miocardio, en la actualidad la investigación en fitoquímica está encaminada a la identificación, aislamiento y caracterización de compuestos sintetizados por las plantas, las rutas biosintéticas y el uso de procedimientos que involucren instrumentos analíticos (Martín, 2017).

2.13 INFLORESCENCIA DE PALMA DE COATECO (*Cryosophila nana*)

2.13.1 Distribución Geográfica

La palma de Coateco (*Cryosophila nana*) crece en la zona costera del estado de Oaxaca, una especie de gran importancia cultural y económica por ser un recurso

forestal no maderable y también es una fuente natural de material para la elaboración de artesanías y construcción de techos para viviendas de la población rural. Esta palmera es parte natural de varios tipos de vegetación y la alteración parece favorecer la abundancia de palmerales en áreas abiertas. Prospera en suelos no muy ricos o en suelos pobres y rocosos. La ubicación del hábitat no es un factor determinante para la conservación de la especie, pero si para la reducción de estas debido a cambios en el uso del suelo, por ejemplo, el desarrollo industrial y urbano; Los principales factores de riesgo de la especie son la sobreexplotación y el cambio de hábitat. Al parecer, la introducción de ganado y los incendios de pastizales promueve la germinación de sus semillas (Espinosa Palacios, 2006).

Actualmente *Cryosophila nana* se encuentra distribuida en la litoral del pacifico como se observa en la **figura 15**, en estados como Chiapas, Oaxaca, Jalisco y Sinaloa. 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.

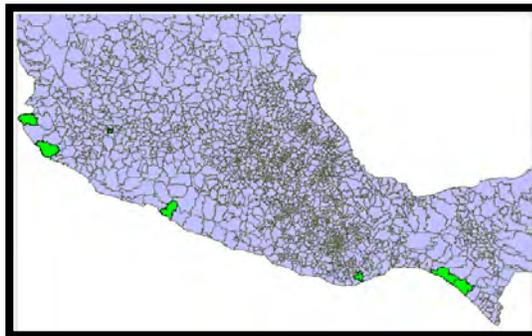


Figura 15. Distribución geográfica de la palma de coateco (Espinosa Palacios, 2006).

2.13.2 Clasificación Taxonómica

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

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Orden: *Areceles*

Familia: *Arecaceae*

2.13.3 Descripción General

Cryosophila nana es una palma de hábito solitario, en la **figura 16** se observa un ejemplar, tiene un tronco erecto con raíces terminadas en espinas que pueden ser de dos tipos, las cortas y las ramificadas, que a su vez pueden ser ascendentes y descendentes, las hojas distales que pueden ser marchitas, anchas y largas triangulares, deprimidas y puntiagudas (Espinosa Palacios, 2006).



Figura 16. Palma de coateco. Fotografía tomada por Mely Trinidad Olivera Triste (2018).

El coateco nace solo por semilla (**figura 17**), germina a los seis meses; florea a finales del mes de octubre y durante los meses de noviembre, diciembre y parte de enero, cada 20 días da una floración teniendo así un total de ocho floraciones por temporada. Los botones florales o “hijitos de coateco” como se conocen en la región de la costa de Oaxaca, se consumen de manera tradicional (Chavez Olivera, 2018).



Figura 17. Botones florales de palma de coateco. Fotografía tomada Mely Trinidad Olivera Triste (2018).

Como mantenimiento para el cultivo se realiza una poda en los meses de febrero y marzo; durante la temporada de lluvias las palmas se recuperan para una nueva cosecha, actualmente la inflorescencia no se comercializa a gran escala, es un producto consumido por familias de lugareños y pueblos circunvecinos (Chavez Olivera, 2018).

2.13.4 Usos Tradicionales

La palma de coateco se puede aprovechar de diferentes maneras, por ejemplo, sus hojas se emplean en la elaboración de escobas, barredores y techos para casas, en la época de sequías también sirve como forraje para el ganado; sin embargo, el aprovechamiento más importante es como una fuente de alimento.

De acuerdo con diversos testimonios de personas oriundas de la comunidad de Santos Reyes Nopala, en el estado de Oaxaca, el coateco es considerado un alimento sano y nutritivo que brinda beneficios a la salud, en específico a aquellas personas que padecen diabetes tipo II; algunas personas señalan que al consumirlos de manera habitual se sienten más sanos y con mayor energía. Los botones florales de palma de coateco se consumen generalmente hervidos, asados o cocidos al vapor (Triste Ramirez, 2020) (Olivera Triste, 2020).

2.14 ÁRBOL DE CANELA (*Cinnamomum verum*)

2.14.1 Generalidades

Es un árbol perennifolio con corteza papirácea originario de Sri Lanka, puede alcanzar los 15 metros de altura en estado silvestre (**figura 18**) pero en estado de cultivo se realizan podas para obtener ejemplares pequeños y densos. Tiene hojas perennes con tres venas prominentes, simples, coriáceas, largas y muy aromáticas. Las flores en panículas, hermafroditas, muy conspicuas, las ramas son erguidas (Contreras, 2013).



Figura 18. *Árbol de canela* (Contreras, 2013).

La canela es considerada una especia y se extrae de la corteza interna de las ramas de estos árboles, se deja secar y se enrolla formando unos rizos muy aromáticos y con gran sabor. Actualmente la canela se produce en grandes cantidades en India, Malasia, Java, Madagascar, Brasil y Guyana (Souto da Rosa, *et al.*, 2015).

2.14.2 Clasificación Taxonómica

Cinnamodendron verum (**figura 19**) fue descrita por el químico, botánico, zoólogo, geólogo, mineralogista y palentólogo checo Jan Svatopluk Presl y publicado en *O Prirozenosti rostlin en el año de 1825* (INECOL, 2020).

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Lurales*

Familia: *Lauraceae*

Género: *Cinnamomun*

Especie: *Cinnamomun verum* J.PRESL



Figura 19. Partes de la canela (INECOL, 2020)

2.14.3 Propiedades y Usos Medicinales

La canela se vende en rama o en polvo, es utilizada en la cocina y repostería, además en la industria de la perfumería y en la licorera para aromatizar productos, es utilizada de manera tradicional en el tratamiento de diversas dolencias, que van desde el combate de resfriados y congestiones hasta anticoagulante y digestivo (Montero Recalde, *et al.*, 2017).

El uso del té de canela está muy extendido en Ecuador, Colombia, Bolivia, Panamá, Chile, Perú, México, el sur de los Estados Unidos y América Central; el té sirve para la gripe, al grado que compite en uso con otras bebidas calientes, como el café y el chocolate. Además, es

comúnmente utilizado para aliviar dolores menstruales. En la **figura 20** se muestra la forma común de la canela. Según investigadores del Departamento de Nutrición Humana del Centro de Investigación en Beltsville, en Maryland, en primer lugar, la ingesta de canela ayuda a reducir las cifras de azúcar en sangre en las personas diabéticas; en segundo lugar, tan sólo media cucharadita puede ayudar a disminuir asimismo los niveles de colesterol y triglicéridos en sangre (Q Pham, *et al.*, 2007) (Souto da Rosa, *et al.*, 2015).



Figura 20. Canela (Q Pham, *et al.*, 2007)

2.15 ÁRBOL DE NÍSPERO (*Eriobotrya japonica*)

2.15.1 Descripción

El níspero es un árbol frutal perenne originario del sudeste de China, fue introducido a Japón cultivándose más de mil años, es un árbol que llega a medir hasta diez metros de altura, de copa redondeada y un tronco corto, sus ramas son color pardo claro, las hojas miden de 10 a 30 centímetros de longitud. Florece en otoño o al comenzar el invierno, sus frutos maduran a finales del invierno y a principios de primavera, el fruto es piloso, cuando madura es color amarillo o anaranjado intenso, su sabor es dulce o ácido (Tovar, 2018). En la figura número 21 se ilustra un árbol de níspero en la etapa de fructificación.



Figura 21. Árbol de níspero con frutos (Frutas y hortalizas, 2020)

2.15.2 Cultivo

La multiplicación de este árbol se realiza por semillas, sin embargo, existen variedades donde se realizan injertos para su propagación, es una especie muy adaptable y tolerante al frío y sustratos diversos. Sus frutos son utilizados para fines comerciales así que el árbol necesita podas y abono periódicamente; puede ser cultivado sin riego adicional cuando la lluvia es superior a 1.200 mm anuales. Con lluvias escasas necesita riegos frecuentes, pero poco abundantes, especialmente en floración y engorde del fruto. Las lluvias sobre el fruto causan agrietado y las sequías veraniegas dificultan el brote, pero adelantan la floración, por lo que se pueden llevar a cabo estrategias de riego deficitario con este fin. (Jiménez, 2019) (México, Laboratorios A-L de;, 2018).

2.15.3 Taxonomía

Eriobotrya japonica (**figura 22**) fue descrita primero por el médico, naturalista y botánico sueco Carl Peter Thunberg con el nombre de *Mespilus japonica* en 1780, pero en 1821 fue transferida al género *Eriobotrya* por el naturalista y botánico británico John Lindley (Siurana Santamarina, *et al.*, 2006).



Figura 22. Rama de *Eriobotrya japonica*, fotografía tomada por Mely Trinidad Olivera Triste 2020.

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Rosales*

Familia: *Rosaceae*

Género: *Eriobotrya*

2.15.4 Usos Medicinales

En China se utiliza un jarabe de níspero para dolencias en la garganta, actúa como demulcente y expectorante, así como para el aparato digestivo. Estudios demuestran que los extractos de las hojas de níspero poseen un principio activo que estimula el crecimiento del folículo piloso y es utilizado en la industria cosmética, por otro lado, los callos de sus hojas han demostrado poseer una sustancia triterpénica que es capaz de inhibir el desarrollo de células cancerosas en ratones. En algunas partes de México las hojas de níspero se toman en infusiones o cocimientos para ayudar a controlar los niveles de glucosa en la sangre. (Conde Hernández, *et al.*, 2019) (Dominguez Guadarrama, 2018).

2.16 ÁRBOL DE MORINGA (*Moringa oleífera*)

2.16.1 Descripción General

Es una especie originaria del norte de La India, crece en cualquier tipo de suelo incluso en condiciones de extrema aridez estacional, es un árbol caducifolio de rápido crecimiento, en su primer año llega hasta los cinco metros de altura en condiciones ideales; cuando es un árbol adulto llega a los 10 o 12 metros de altura máxima (**figura 23**).

Sus ramas son quebradizas, hojas color verde claro y compuestas, florece a los siete meses de su plantación, las flores son blancas, produce vainas colgantes de color marrón oscuro (FAO, 2020).



Figura 23. Árbol de moringa (Velázquez Zavala, et al., 2016).

2.16.2 Taxonomía

Moringa oleífera fue descrita en 1785 por el naturalista francés Jean-Baptiste Lamarck (Velázquez Zavala, et al., 2016).

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase:
Eudicotyledoneae

Orden: *Brassicales*

Familia: *Moringaceae*

Género: *Moringa*



Figura 24. Vainas de Moringa (Velázquez Zavala, et al., 2016).

2.16.3 Usos

La moringa posee un sabor muy agradable, las hojas y flores pueden consumirse crudas o cocidas de diversas formas, son ricas en carbohidratos, sus frutos en forma de vaina se hierven con un poco de sal y se consumen sus semillas, el sabor es parecido al garbanzo, además se pueden tostar; las raíces también son aprovechadas son muy parecidas a las zanahorias, pero con un sabor más fuerte (Domenech Asensi, et al., 2017).

Con el paso del tiempo el uso de la moringa se fue popularizando, debido a sus múltiples aplicaciones en la alimentación, las semillas son una fuente importante de aceites de alta calidad rico en ácidos grasos insaturados, el aceite se puede

utilizar en ensaladas y también como combustible para lámparas o para fabricar biodiesel (Lakshmipriya , et al., 2016).

Por otro lado, las vinas y semillas de moringa son muy útiles en la purificación de agua, debido a que contienen proteínas catiónicas diméricas, se ha demostrado tener alta eficacia en el tratamiento de agua para consumo humano, eliminan la turbidez absorbiendo y neutralizando las cargas coloidales y agrupándolas, de esta manera se facilita la eliminación mediante el decantado o filtrado. El uso de las semillas de moringa sustituye la utilización de productos importados y químicos debido a su origen natural es biodegradable (Martín, *et al.*, 2013).

Dentro de sus aplicaciones en la agricultura y ganadería las hojas de moringa son muy útiles como abono, además de ser un gran fungicida; es utilizada como forraje para ganado, porcino, ovino, vacuno, caprino u avícola debido a sus grandes beneficios, estudios demuestran que incrementan el rendimiento tanto en ganancia de peso como en producción de leche (Sánchez Peña, *et al.*, 2013).

La madera del árbol de moringa sirve como leña y para producir carbón, así como en la industria papelera, es aprovechada la celulosa.

2.17 SEMILLA DE CAOBA (*Swietenia macrophylla*)

2.17.1 Descripción General

Es un árbol exótico perennifolio o caducifolio, en México se extiende del norte de Veracruz a Yucatán, en Centroamérica se encuentra a lo largo de la costa Atlántica de Centroamérica a Venezuela. Se encuentra también en Colombia, Perú, Bolivia y Brasil. Prospera en regiones de abundante precipitación y puede vivir en zonas de clima tropical más seco a una altura de 200 a 5000 metros sobre el nivel del mar Puede llegar a medir desde los 35 a 60 metros de altura con diámetros que van desde los dos metros hasta tres metros y medio, la copa es redondeada y abierta, sus hojas alternas de 12 a 40 centímetros de largo, su tronco es derecho y limpio con contrafuertes, las ramas son gruesas ascendentes y torcidas (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad., 2017) (King, 2013).

En la **figura 25** se observa un ejemplar de árbol de caoba, las flores son pequeñas de color verde amarillento y de olor fuerte, sus frutos son capsulas leñosas ovoides de color rojizo que van desde los 12 a 20 centímetros de largo, el número de semillas por fruto son de 40 a 60 aproximadamente, miden un centímetro de largo y son irregulares, comprimidas de color canela, tienen una prolongación en forma de ala, son sumamente amargas y astringentes (Negreros Castillo, *et al.*, 2014).



Figura 25. Árbol de caoba (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad., 2017)

2.17.2 Taxonomía

Swietenia macrophylla fue descrita por el botánico escocés George King y publicado en Hooker's Icones Plantarum (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad., 2017).

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Sapindales*

Familia: *Meliaceae*

Género: *Swietenia*

Especie: *macrophylla*



Figura 26 Semillas de caoba (King, 2013).

2.17.3 Interés Económico y Forestal

Desde el punto de vista técnico y comercial *Swietenia macrophylla* posee amplia explotación silvícola, esencialmente porque representa una de las principales alternativas agroforestales para la producción de madera fina, debido a las notables cualidades que ostentan sus tallos, además de la facilidad de trabajo, su alta resistencia, y los rendimientos operacionales durante la transformación y aserrado. Es importante destacar que la producción de madera de *S. macrophylla*, a la fecha se continúa extrayendo de bosques naturales neotropicales, como consecuencia de intentos fallidos tendientes a establecer áreas artificiales (Negreros Castillo, *et al.*, 2014) (King, 2013).

2.17.4 Usos

Es una madera preciosa, con posibilidades comerciales, la madera es dura, vetada de color moreno rojizo o claro cuando está recién cortada, siendo de uso frecuente en la fabricación de muebles, mesas y sillas, armarios, esculturas y molduras de interior (Pérez Vela, 2017).

Debido a la facilidad de la madera de caoba para ser moldeada y por su resistencia, es de uso frecuente para pisos y coberturas de embarcaciones, muebles de oficina e industria, instrumentos musicales como pianos, guitarras y mandolinas, decoración de interiores, fósforos, palillos, armería, lápices e instrumentos científicos (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad., 2017)..

Las semillas contienen aceites que son utilizados en el área cosmética, en el ámbito medicinal la corteza y semillas son utilizadas como tónico contra tifoidea, diarrea o fiebre; la semilla es amarga y astringente, se ha utilizado como calmante de dolor de muelas y como un tratamiento para las personas que padecen diabetes *mellitus* tipo II (Sukardiman, 2020).

En algunas zonas de México es llamada "semilla de zopilote" que se les atribuyen propiedades medicinales en contra de la amibiasis, infecciones helmínticas intestinales y diabetes *Mellitus* (Flores López, *et al.*, 2017). Existen pocos estudios que comprueben la eficacia de las semillas de caoba, algunos muestran que contienen potencial como remedio en el tratamiento natural de la diabetes, debido a los abundantes compuestos antioxidantes, se ha encontrado que son ricas en tres tipos de moléculas: los flavonoides, saponinas y alcaloides que en conjunto reducen la resistencia a la insulina, previenen la oxidación y ayudan a regular los niveles de azúcar en la sangre (Reynoso Orozco, *et al.*, 2017).

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIAL BIOLÓGICO

El material vegetal empleado en la presente investigación se recolectó de diferentes sitios.

La inflorescencia de palma de coateco (*Cryiosophila nana*) se obtuvo en la comunidad de San Andrés Copala, perteneciente al municipio de San Pedro Mixtepec en el estado de Oaxaca, la muestra se recolectó en el mes de julio 2018.

Las muestras de moringa y canela se obtuvieron en una tienda de herbolaria en la ciudad de Saltillo Coahuila.

Las hojas de níspero (*Eriobotrya japónica*) fueron colectadas en el mes de agosto 2018 en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Las semillas del árbol de caoba (*Swietenia macrophylla*) fueron traídas de un municipio del estado de Durango.

3.2 DESHIDRATACIÓN DE LAS MUESTRAS VEGETALES

La inflorescencia de palma de coateco (*Cryosophila nana*), las hojas de Níspero (*Eriobotrya japónica*), y las semillas de caoba (*Swietenia macrophylla*) fueron colocadas en una estufa a 60 °C. La canela (*Cinnamomun verum*) y moringa (*Moringa oleífera*) fueron obtenidas ya deshidratadas.

3.2.1 Molienda del Material

Una vez deshidratadas las muestras, para la conservación y evaluación se disminuyó el tamaño de partícula en un procesador de alimentos marca Nutribullet, para obtener un polvo homogéneo, las muestras se almacenaron en frascos cubiertos y cerrados herméticamente para ser utilizadas en las determinaciones posteriores.

3.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA

Consistió en una determinación por triplicado de la materia seca total, ceniza, grasa cruda, proteína y fibra cruda mediante los procedimientos descritos por la AOAC 1996. Además, se determinaron los azúcares totales, azúcares reductores, fenoles totales y taninos condensados.

3.4 DETERMINACIÓN DE MATERIA SECA TOTAL

Se pesaron 2 gramos de muestra en un crisol de porcelana previamente colocado a peso constante, se incubó a 80°C durante 24 horas (AOAC, 1996); posteriormente se dejó atemperar en un desecador, una vez obtenidos los datos se realizaron los cálculos correspondientes con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de materia seca total} = \left(\frac{\text{crisol con muestra seca} - \text{crisol solo}}{\text{gramos de muestra}} \right) \times 100$$

3.5 DETERMINACIÓN DE CENIZAS

Se tomaron 2 gramos de muestra en un crisol de porcelana a peso constante, posteriormente se llevaron a una mufla marca Adventurer OHAUS durante 4 horas a una temperatura de 550°C (AOAC, 1996). Una vez obtenidos los datos se realizaron los cálculos correspondientes mediante la siguiente expresión:

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

3.6 DETERMINACIÓN DE EXTRACTO ETÉREO

Para la determinación del contenido de grasa, las muestras fueron sometidas al método Soxhlet, 1879 se pesaron 4 gramos de muestra, se colocaron en un dedal de celulosa y se introdujeron en un sifón unido a un matraz bola de fondo plano previamente a peso constante y adicionado con 200 mililitros de éter etílico, se montó el sistema de extracción y se mantuvo una recirculación durante 6 horas. Una vez transcurrido el tiempo, los matraces fueron introducidos a una estufa a 60°C de temperatura por 24 horas para evaporar el exceso de solvente, para finalmente ser pesados. El porcentaje de grasa se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

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

3.7 DETERMINACIÓN DE PROTEÍNA CRUDA

La determinación de proteína fue realizada por el método Kjeldhal en el cual se colocó 1 gramo de muestra seca y se colocó en un papel filtro de celulosa para ser introducida en un matraz Kjeldhal y añadir la mezcla digestora, los matraces se colocaron en el digestor Kjeldhal a una temperatura de 100 °C hasta obtener un color cristalino. Una vez frías las muestras se adicionaron 300 mililitros de agua destilada, 100 mililitros de hidróxido de sodio al 45 % y 5 gramos de zinc, para la destilación se colocó ácido bórico al 4 % en matraces Erlenmeyer, una vez obtenido un volumen de 200 mililitros de destilado se procedió a la titulación, se adicionaron 4 gotas de indicador mixto de proteínas a cada matraz y se tituló

con ácido sulfúrico 0.106382 Normal (N). El nitrógeno obtenido se calculó mediante la siguiente fórmula:

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

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

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

3.8 DETERMINACIÓN DE FIBRA CRUDA

El análisis de fibra se llevó a cabo en dos fases, primero se colocaron dos gramos de muestra desgrasada en vasos Berzelius y 100 mililitros de ácido sulfúrico, se sometieron a ebullición por 30 minutos posteriormente se lavaron con 100 mililitros de agua destilada, en la segunda fase se midieron 100 mililitros de hidróxido de sodio y se volvieron a colocar en los vasos Berzelius a ebullición por 30 minutos y se lavaron con 100 mililitros de agua destilada. La fibra obtenida se colocó en crisoles de porcelana que fueron introducidos a una estufa a 100 °C de temperatura durante 24 horas. Una vez transcurrido el tiempo se registró el peso de los crisoles, después las muestras se calcinaron a 500°C durante cinco horas en una mufla marca Adventurer OHAUS (AOAC, 1996). El porcentaje de fibra se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de fibra} = \left(\frac{\text{peso crisol muestra seca} - \text{peso crisol con cenizas}}{\text{gramos de muestra}} \right) \times 100$$

3.9 DETERMINACIÓN DE AZÚCARES TOTALES Y REDUCTORES

Los azúcares totales y reductores se evaluaron por los métodos de reportado por Dubois (1956) con fenol-sulfúrico y por el método de Miller, (1989) con DNS respectivamente, en el extracto filtrado en papel Whatman No. 41, de una solución de la muestra en agua destilada, se leyó a 480 nm para azúcares totales y 540 nm para azúcares reductores. Se preparó una curva patrón de sacarosa para azúcares totales y una curva patrón de dextrosa para azúcares reductores.

3.10 DETERMINACIÓN DE FENOLES HIDROLIZABLES TOTALES

La determinación de fenoles totales se realizó por el método Folin-Ciocalteu. Se colocaron 20µL de extracto en un tubo de ensayo, para diluir la muestra se añadieron 380µL de agua destilada, al mismo tubo se le adicionaron 400µL del reactivo comercial Folin Ciocalteu, se agitó en vórtex y se dejó reposar durante cinco minutos, después se colocaron 400µL de carbonato de sodio 0.001 M se agitó y se dejó reposar por cinco minutos más. Finalmente se adicionaron 2 mililitros de agua destilada. Las lecturas se llevaron a cabo en un espectrofotómetro a 725 nm. Se realizó una curva de calibración con ácido gálico.

3.11 DETERMINACIÓN DE TANINOS CONDENSADOS

La determinación de taninos condensados se realizó por el método HCL-Butanol, primeramente, se colocaron 500 µL de extracto en tubos de ensaye con tapa de rosca, se añadieron 3 mililitros de HCL-Terbutanol y finalmente se añadieron 0.1 mililitro de reactivo férrico, los tubos se cerraron herméticamente y se colocaron en un baño a 100°C durante una hora. Transcurrido el tiempo se dejaron atemperar y se leyeron a 460 nm. La curva de calibración se realizó con caatequina.

3.12 CROMATOGRAFÍA EN COLUMNA

Para la realización de la técnica se utilizaron los siguientes materiales: una columna de vidrio, algodón, Amberlite TM XAD16 (fase estacionaria), etanol, vasos de precipitado, agua destilada y el extracto (fase móvil). Primeramente, se colocó una almohadilla de algodón en la parte inferior de la columna, se empacó la fase estacionaria y después se colocó un vaso de precipitado en el extremo inferior de la columna, el extracto se vertió en la parte superior permitiendo que los compuestos fueran absorbidos por la fase estacionaria, posteriormente se realizó una primera elución con agua destilada con el objetivo de remover los compuestos de menor interés como los azúcares. Se realizó una segunda elución, pero en este caso con etanol al 70 % con el fin de concentrar y recuperar las fracciones de polifenoles. Una vez concentrados los polifenoles se sometieron a evaporación para eliminar el solvente, finalmente los compuestos fueron recuperados en forma de polvo.

3.13 CROMATOGRAFÍA LIQUIDA DE ALTA RESOLUCIÓN (HPLC)

Los análisis por cromatografía líquida de fase inversa de alto rendimiento se realizaron en un sistema Varian HPLC que incluía un muestreador automático (Varian ProStar 410, EE. UU.), Una bomba ternaria (Varian ProStar 230I, EE. UU.) Y un detector PDA (Varian ProStar 330, Estados Unidos de América.). También se utilizó un espectrómetro de masas con trampa de iones de cromatógrafo de líquidos (Varian 500-MS IT Mass Spectrometer, EE.UU.)

equipado con una fuente de iones por electro pulverización. Se inyectaron muestras (5 μ l) en una columna Denali C18 (150 mm x 2,1 mm, 3 μ m, Grace, EE. UU.). La temperatura del horno se mantuvo a 30 ° C. Los eluyentes fueron ácido fórmico (0,2%, v / v; disolvente A) y acetonitrilo (disolvente B). Se aplicó el siguiente gradiente: inicial, 3% B; 0-5 min, 9% B lineal; 5-15 min, 16% B lineal; 15-45 min, 50% B lineal. Después, la columna se lavó y se reacondicionó. El caudal se mantuvo a 0,2 ml / min y la elución se controló a 245, 280, 320 y 550 nm. Se inyectó todo el efluente (0,2 ml / min) en la fuente del espectrómetro de masas, sin dividir. Todos los experimentos de EM se llevaron a cabo en modo negativo [M-H] ⁻¹. Se utilizó nitrógeno como gas nebulizador y helio como gas amortiguador. Los parámetros de la fuente de iones fueron: voltaje de pulverización 5,0 kV y voltaje capilar y temperatura fueron 90,0 V y 350 ° C, respectivamente. Los datos se recopilaron y procesaron utilizando el software MS Workstation (V 6.9). Las muestras se analizaron en primer lugar en modo de barrido completo adquiridas en el rango m/z 50-2000. Los análisis MS/MS se realizaron en una serie de iones precursores seleccionados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS PROXIMAL

En la **figura 27** se observa la recopilación de los porcentajes obtenidos para cada planta; con respecto a la serie de grasas la semilla de caoba presentó mayor porcentaje (60 %), posteriormente la moringa (6 %), la palma de coateco (3 %), las hojas de níspero (2 %) y finalmente la canela (0.6 %). En la serie humedad no presentaron diferencia significativa, todas las plantas oscilan en un 90 %, analizando los porcentajes de proteína se puede destacar que la palma de coateco tiene valores arriba del 40 % sobre la moringa que posee 29%, la semilla de caoba con 20%, las hojas de níspero con 10 % y la canela con 5 %. Con respecto a las cenizas la planta que posee mayor contenido de cenizas es la moringa (13 %), la canela con 11 %, palma de coateco con 7 %, hojas de níspero 5 % y la semilla de caoba con 2 %, finalmente en la determinación de fibra total la planta con mayor porcentaje fue la canela con un 36 %, enseguida se encuentran las hojas de níspero con un 20 %, la semilla de caoba con 9 %, el coateco y la moringa con un 5.7 %.

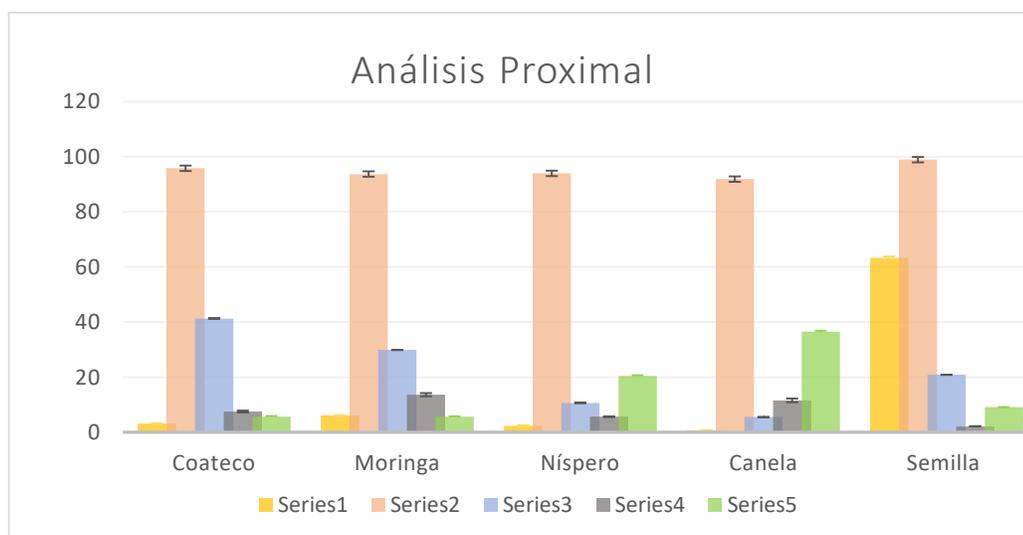


Figura 27. Concentración de datos del análisis proximal de las plantas.

4.2 CUANTIFICACIÓN DE AZÚCARES TOTALES

El contenido de azúcares totales se determinó aplicando el método Dubois (1959), utilizando sacarosa como estándar. Este método tiene como base de determinación del color por espectrofotometría y así por comparación con soluciones patrón de azúcares se determina las concentraciones presentes en las muestras. En la siguiente **tabla (2)** se observan los resultados en mg/g de muestra, obtenidos de las cinco diferentes plantas, las muestras fueron diluidas

para su lectura y luego multiplicadas por el factor de dilución. Los resultados indican que la moringa y la canela poseen una concentración significativa de azúcares totales, por encima de los 100 mg/g, seguido de las hojas de níspero con 85.78 mg/g, la palma de coateco con 68.33 mg/g y la semilla de caoba con 48.61 mg/g; cabe destacar que en el caso de la semilla de caoba, la palma de coateco, y las hojas de níspero no existen publicaciones ni datos reportados, este trabajo contribuye con una de las primeras pruebas del análisis de azúcares totales en las plantas mencionadas, dando pie para la continuidad de trabajos de investigación.

Tabla 2. Azúcares totales en mg/g de Sacarosa

Nombre común	Nombre científico	Sacarosa mg/g
Coateco	<i>Cryosophila nana</i>	122.9957±0.0742
Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	199.0242±0.0742
Hojas de níspero	<i>Eriobotrya japonica</i>	154.41±0.1484
Canela	<i>Cinnamomum verum</i>	224.5671±0.074230
Semilla de caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	87.51±0.7423

4.3 CUANTIFICACIÓN DE AZÚCARES REDUCTORES

Utilizando glucosa como patrón para determinar el contenido de azúcares reductores, en la **tabla 3** pueden observarse los resultados considerando nuevamente los respectivos factores de dilución, dichos resultados para azúcares totales y reductores coinciden que en ambas pruebas tiene mayor contenido de azúcares la moringa.

Tabla 3. Azúcares reductores en mg/g de Glucosa

Nombre común	Nombre científico	Glucosa mg/g
Coateco	<i>Cryosophila nana</i>	22.6575±0.8227
Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	187.6408±0.2742
Hojas de níspero	<i>Eriobotrya japonica</i>	15.6908±0.5484
Canela	<i>Cinnamomum verum</i>	65.5658±0.2742

Semilla de caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	151.5408±0.2742
------------------	------------------------------	-----------------

4.4 CUANTIFICACIÓN DE TANINOS CONDENSADOS

Con lo que respecta a taninos condensados se puede observar en la **tabla 4** que la semilla de caoba sobresale por mucho en la concentración, teniendo 488.40 mg/g de equivalentes de catequina, los taninos son una clase de flavonoides pigmentos principales de muchas semillas, y también están presentes en los tejidos vegetativos y cortezas principalmente de árboles, además contribuyen en un mecanismo de defensa de las plantas (Cabrera Carrión, et al., 2017). La palma de coateco, las hojas de níspero y la semilla de caoba no poseen con un registro del contenido de taninos condensados, siendo este trabajo de investigación el pionero en realizar dicho reporte, con lo que respecta a la moringa y la canela los datos obtenidos coinciden en el margen reportado por los autores (Andrew R, et al., 2015) y (Barwant & Dawange, 2020).

Se ha reportado que la mayor concentración de polifenoles condensados se encuentra en las cascarras de los frutos según Alma A. *et al.*, (2012). También han revelado que la presencia de proantocianidinas (taninos condensados) varía según la parte del fruto que se analiza, siendo habitualmente más abundante en la piel de frutas como uvas y manzanas. Cabe mencionar que uno de los hallazgos más importantes sobre estos estudios, es que las frutas con mayor contenido de taninos condensados son las bayas salvajes del bosque, seguidas de los arándanos todo esto con lo reportado de Alma A. *et al.*, (2012).

La naturaleza química de los taninos condensados ha permitido un mayor monitoreo de su presencia en alimentos, puesto que para su determinación todos pueden ser degradados a antocianidinas (flavonoides) de fácil identificación por HPLC.

Tabla 4. Taninos condensados en mg/g de Catequina.

Nombre común	Nombre científico	Catequina mg/g
Coateco	<i>Cryosophila nana</i>	181.9778±0.1828
Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	270.3278±0.1828
Hojas de níspero	<i>Eriobotrya japonica</i>	98.6944±0.3656

Canela	<i>Cinnamomum verum</i>	242.0389±0.1828
Semilla de caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	488.4056±0.1828

4.5 CUANTIFICACIÓN DE FENOLES TOTALES

La determinación de los polifenoles hidrolizables presentes en los extractos acuosos se realizó por el método de Folin-Ciocalteu (Makkar, 1993), utilizando el ácido gálico como estándar, se observa en la **tabla 5** que la semilla de caoba presenta una concentración más elevada teniendo 22.32 mg/g, seguida de la canela con 21.14 mg/g. Comparando con literatura citada podemos decir que el extracto acuoso de canela presentó una concentración mayor a la reportada por (Mazimba, et al., 2015) donde trabajaron con extractos metanólicos de la misma variedad de canela teniendo 7.93 mg/g, por otro lado la moringa que es otra de las plantas más estudiadas reporta una concentración de 24.86 mg/g de equivalentes de ácido gálico en extractos etanólicos. La semilla de caoba presentó 22.32 mg/g una concentración mayor que la reportada por (Pacheco & Blanco, 2020) de 19.20 mg/g, el estudio es reciente y se llevó a cabo en Venezuela; actualmente en México no existen registros sobre el estudio de la semilla de caoba. Con relación a la palma de coateco y las hojas de níspero tuvieron una concentración de 9.92 mg/g y 4.11 mg/g respectivamente, al igual que la semilla de caoba no cuentan con registros de estudios previos.

Nombre común	Nombre científico	Ácido gálico mg/g
Coateco	<i>Cryosophila nana</i>	9.9248±0.0457
Moringa	<i>Moringa oleifera</i>	9.2915±0.0457

Tabla 5.
fenoles totales en mg/g

Hojas de níspero	<i>Eriobotrya japonica</i>	4.1193±0.0457
Canela	<i>Cinnamomum verum</i>	21.1401±0.0914
Semilla de caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	22.3276±0.0914

Concentración de de Ácido gálico.

4.6 RESULTADOS HPLC-Ms

La identificación de compuestos en los extractos acuosos de las plantas en cuestión se realizó mediante HPLC, como se muestra en **tabla 6** la planta con un mayor número de compuestos identificados fue la moringa, en su mayoría ácidos hidroxicinámicos y flavonoles, existe evidencia científica que relaciona a la moringa como un tratamiento para la disminución de los niveles de glucosa en sangre (Ahmiane, 2016), además debido a la presencia de los compuestos antes mencionados posee propiedades antioxidantes, antitumorales (Pérez Chauca, et al., 2020), en el caso del kaempferol 3-O-rutinosido es un importante hepatoprotector, regenerador celular y antidepresivo (Wang, et al., 2015).

La semilla de caoba posee terpenos fenólicos, flavanones, lignanos y terpenos; en el caso del carnosol (terpero) estudios revelan que promueve la síntesis de un factor de crecimiento neuronal imprescindible para el crecimiento del tejido nervioso, además de antiestrogénicas e inhibidora de la acetilcolinesterasa, lo que se ha traducido en una supuesta mejoría del rendimiento de la memoria por el uso puntual y una disminución del deterioro cognitivo tras su administración crónica posee propiedades antibacterianas y antisépticas (Lazalde Ramos, et al., 2016), por otro lado la hesperidina es un compuesto estudiado y utilizado para el tratamiento de la insuficiencia venosa crónica, úlceras varicosas, hemorroides y problemas circulatorios (Tenorio Domínguez, 2016) además como tratamiento para tumores en hígado debido a que los polifenoles actúan en la quimio prevención de muchos tipos de cáncer (Fernández, et al., 2016).

Las hojas de níspero presentaron cuatro compuestos que han sido ampliamente estudiados debido a sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, en el caso

de las flavonas se han realizado estudios para el tratamiento de asma enfermedad relacionada con el estrés oxidativo (Ayala Mata, *et al.*, 2019), además inhiben la peroxidación lipídica en microsomas hepáticas, se han realizado estudios en ratones longevos aplicando una dosis de dihidroxiflavona y se comprobó que podría ser útil también para el tratamiento de trastornos basados en el miedo, como el estrés postraumático, el pánico y las fobias, además de la enfermedad de Párkinson (Universidad Autónoma de Barcelona ;, 2012).

Con lo que respecta a la palma de coateco se identificaron dos principales compuestos la avenantramida encontrada principalmente en granos y cascarrilla de avena y que poseen propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antiateroscleróticas (Gallego Muoz, 2016), pueden ser utilizadas como tratamiento para personas con enfermedades inflamatorias, alérgicas o cardiovasculares, además existen estudios que comprueban su funcionalidad como hipoglucemiantes, hipocolesterolémicos, inmunomoduladores, hipoglucémicos, antitumorales, antioxidantes y antiinflamatorios (Kuri García & Martínez Pérez, 2020), (Wehrhahne, 2017). La galocatequita es otro compuesto identificado en el coateco y posee propiedades antioxidantes, antimicrobianas, anticancerígenas y antifúngicas (Cortés Rivera, *et al.*, 2019).

La canela es otra de las plantas ampliamente estudiadas debido a su uso tradicional a nacido la inquietud de numerosos científicos y hasta el momento se han revelado sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, anticancerígenas, antimicrobianas, etc. En esta ocasión la muestra de canela presentó ácidos hidroxicinámicos y catequinas, los ácidos hidroxicinámicos se encuentran en la pared celular y poseen baja solubilidad, pero por otro lado se encuentran los ácidos clorogénicos como el ácido cafeico presente en la canela que son solubles y se presentan en altas concentraciones en bebidas como el jugo de manzana y el café, son antioxidantes *in vitro* e *in vivo*, se ha comprobado en un estudio que reduce en un 95 % las aflatoxinas dando pie a ser utilizado como un eficaz fungicida natural (Surco Laos, *et al.*, 2016) (Peña Torres, *et al.*, 2019).

La canela ayuda con la sensibilidad a la insulina y transporte de la glucosa, a la vez que disminuye la inflamación, un estudio realizado en 60 personas con diabetes tipo II descubrió pequeñas dosis de 1-6 gramos diarios reducen los niveles de glucosa, mejoran el LDL y triglicéridos (Ahmiane, 2016).

T.R	MASA	COMPUESTO	FAMILIA
-----	------	-----------	---------

1.5	277	4-Sulfato de ácido dihidroxiferúlico	Ácidos hidroxicinámicos	CANELA
2.86	294.1	Ácido cafeoilaspártico	Ácidos hidroxicinámicos	
5.32	311	Ácido cafeoiltartárico	Ácidos hidroxicinámicos	
2.04	297.1	Avenantramida 2p	Ácidos hidroxicinámicos	COATECO
4.31	304.7	(+) - Galocatequina	Catequinas	
8.77	288.4	Phlorin	Otros polifenoles	
1.83	277	4-Sulfato de ácido dihidroferúlico	Ácidos hidroxicinámicos	NÍSPERO
4.88	297	Avenantramida 2p	Ácidos hidroxicinámicos	
41	252.8	7,4'-Dihidroxi-flavona	Flavonas	
54.61	385	Ácido 5-5'-Deshidrodifereúlico	Dímeros del ácido metoxicinámico	
3.59	329.1	Carnosol	Terpenos fenólicos	SEMILLA
6.45	329	Carnosol (Isomero)	Terpenos fenólicos	
9.2	610.6	Hesperidina	Flavanones	
12.12	321.9	3-O-galato de Ac. Gálico	Hidroxibenzoicos	
34.5	345.1	Rosmanol	Terpenos fenólicos	
50.38	371	Sesamolol	Lignanos	
9.36	329.8	Carnosol	Terpenos fenólicos	
10.47	340.8	Ácido cafeico 4-O-glucósido	Ácidos hidroxicinámicos	MORINGA
34.9	352.8	Ácido 1-cafeolquínico	Ácidos hidroxicinámicos	
42	352.9	Ácido 3-cafeolquínico	Ácidos hidroxicinámicos	
43.64	592.9	Kaempferol 3-O-rutinosido	Flavonoles	
51	462.9	Quercetina 3-O-glucósido	Flavonoles	
58.32	343	Ácido 5-O-galoilquínico	Ácidos hidroxicinámicos	

Tabla 6. Concentración de compuestos identificados mediante HPLC-MS.

CONCLUSIONES

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

En el análisis proximal realizado a las cinco plantas se destaca el contenido proteico de la palma de coateco, se encuentra por encima del 40% comparado con el 29% que presenta la moringa que es considerada un alimento de gran calidad por ser rica en nutrientes esenciales para el correcto funcionamiento corporal, por lo tanto, se deduce que la inflorescencia de palma de coateco puede ser considerado un alimento de calidad y con gran contenido proteico.

En este estudio se propuso determinar la concentración de fenoles totales y la identificación de las moléculas presentes en los extractos acuosos de las plantas en cuestión con el fin de mejorar el conocimiento de estos Fito constituyentes, probablemente responsables de algunas de las actividades biológicas antioxidantes, anticancerígenas y antidiabéticas atribuidas al consumo de las plantas en forma de infusiones, se evidenció que los extractos aportan una importante concentración de compuestos con actividad bilógica, lo que concuerdan con lo reportado por otros estudios que señalan a la moringa y la canela como fuentes importantes de antioxidantes.

El efecto hipoglucemiante y antidiabético de la moringa y canela ha sido comprobado en algunos estudios experimentales con animales, y se considera igualmente relevante investigar las propiedades reductoras y antioxidantes del extracto acuoso de otro tipo de plantas utilizadas de manera tradicional, que es la forma en que las plantas son consumidas por la población indígena y rural.

Se logró comprobar y dar importantes datos en las plantas que aún no tienen respaldo científico sobre su potencial biológico como es la palma de coateco, semilla de caoba y las hojas de níspero, debido al alto contenido de compuestos fenólicos y las moléculas identificadas se comprueba que dichas plantas tienen potencial antioxidante, anti-diabético, anticancerígeno, antiinflamatorio y demás beneficios.

Finalmente debido a los resultados favorables obtenidos en esta investigación se propone en estudios posteriores evaluar la capacidad reductora y antioxidante en el extracto de estas plantas con solventes orgánicos, la existencia de reportes con éste tipo de solventes evidencia un mayor rendimiento de compuestos fenólicos, por lo que es probable que esa cantidad de compuestos con capacidad antioxidante, puedan ser de mayor utilidad en el tratamiento de la diabetes mellitus y otras enfermedades degenerativas.

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.

Ahmiane, Y., 2016. Efectos de los compuestos activos y funcionales de la alcachofa (*Cynara cardunculus*) en el control del metabolismo energético.. *UIB Repositori*, 11(1), pp. 1-5.

Andrew R, W. y otros, 2015. Actividad antihelmíntica del transcinamaldehído de tipo A y B proantocianininas derivadas de la canela (*Cinnamomum verum*) 2015.. *Scientific reports*, 5(147), pp. 1-12.

Anon., s.f.

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.

Ayala Mata, F. y otros, 2019. Antioxidantes en asma: polifenoles.. *Med Int Méx*, 35(2), pp. 223-234.

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].

Barwant, M. & Dawange, A., 2020. Preparation of nutritive food supplement from leaf and pods Moringa Oleifera Lamm, tinospora cordifolia (Thumb Miers) and Cinnamomum verum J.. *Food properties*, 11(1), pp. 47-54.

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.

Cabrera Carrión, J. L. y otros, 2017. Variación del contenido de alcaloides, fenoles, flavonoides y taninos en moringa oleifera Lam en función a su edad y altura.. *Bioagro*, 29(1), pp. 53-60.

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].

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad., 2017. *La Caoba del Sureste Mexicano.*, México: CONABIO.

Conde Hernández, L., Luna Guevara, M., Aranda García, J. R. & Sánchez Pazos, Y., 2019. Actividad antioxidante de hojas (frescas y secas) de Eriobotrya japonica Lindl, cultivado en Puebla, México.. *Avances de Investigación de Inocuidad de Alimentos*, 2(1), pp. 23-27.

Contreras, R., 2013. *La guía Biología*. [En línea] Available at: <https://biologia.laguia2000.com/botanica> [Último acceso: 8 Octubre 2020].

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

Cortés Rivera, H. J. y otros, 2019. Caracterización y evaluación antifúngica de extractos acuosos de exocarpo de coco (cocos nucifera). *Avances de investigación en inocuidad de alimentos*, 2(1), pp. 1-5.

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

Domenech Asensi, G., Durango Villadiego, A. M. & Ros Berruezo, G., 2017. Moringa oleifera: Revisión sobre aplicaciones y usos en alimentos.. *ALAN*, 67(2), pp. 54-71.

Dominguez Guadarrama, A. A., 2018. Comprimidos nutraceuticos con base en extractos de hojas de higo, guayaba y níspero. *Reunión nacional de microbiología higiene y toxicología de los alimentos*, 11(1), pp. 5-10.

Dorman, H. y H. R., 2004. Reductive and Free Radical-Scavenging Properties of Summer Savory (*Satureja Hortensis L.*) Extract and subfractions.. *Food Chemistry*, 88(1), pp. 193-199.

Echeverria, A. y otros, 2016. Evaluación de la capacidad antioxidante y metabolitos secundarios de extractos de dieciseis plantas medicinales.. *Ciencia UNEMI*, 11(1), p. 45.

Elkhateeb, W. & M Daba, G., 2020. Occurrence of terpenes, polyketides, and tannins in some Japanese lichens and green mosses.. *Egyptian Pharmaceutical Journal*, 19(3), pp. 216-223.

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 Review of the Nutritional, Antioxidant, Antimicrobial Properties and Effects on Human Health.. *Journal of Food Composition and Analysis*, Volumen 60, pp. 38-50.

Fernández, B. y otros, 2016. Potencial anti-hepatocarcinogénico y de desmetilación de la hesperidina: un polifenol presente en los cítricos.. *Reunión de la SEAPV*, 1(1), p. 121.

Flores López, Z. Y. y otros, 2017. Potencial antioxidante de la semilla de *Swietenia humilis* Zuccarini. *Revista Cubana de Farmacia*, 51(1), pp. 40-50.

Frutas y hortalizas, 2020. *Frutas-hortalizas*. [En línea] Available at: www.frutas-hortalizas.com [Último acceso: 16 Octubre 2020].

Gallego Muñoz, C. & Ferreira Alfaya, F., 2015. Plantas medicinales en el tratamiento de la Diabetes Mellitus Tipo 2: una revisión.. *Farmacéuticos Comunitarios*, 7(4), pp. 27-34.

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.

Gallego Muñoz, C., 2016. Plantas medicinales en el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2: una revisión. *O.F.I.L*, 26(1), pp. 1-10.

Gallegos Zurita, M., 2016. Las plantas medicinales: principal alternativa para el cuidado de la salud en la población rural de Babahoyo, Ecuador.. *An Fac Med*, 77(4), pp. 327-332.

Gimeno Creus, E., 2004. Compuestos Fenólicos un Análisis de sus Beneficios para la Salud.. *OFFARM*, 23(6), pp. 80-84.

Granados Coello, S., Norman, B., Gonzalez, P. & Echeverri, F., 2014. EVALUACIÓN DEL EFECTO HIPOGLUCEMIANTE DE *Jatropha gossypifolia* 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 Activities of Edible Flowers of *Pyrus pashia*.. *Journal of Functional Foods*, Volumen 17, pp. 371-379.

INECOL, 2020. *INECOL Instituto de Ecología*. [En línea] Available at: <https://www.inecol.mx/> [Último acceso: 13 Octubre 2020].

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

King, S., 2013. *Swietenia macrophylla* King meliaceae. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*, 3(6), pp. 145-148.

Kuri García, A. & Martínez Pérez, R., 2020. La avena (a.Sativa) en un recetario mexicano de cocina casera de 1943. *CIENCIA UAQRO*, 13(1), pp. 63-72.

Lakshmi Priya, G., Kruthi, D. & Devarai Santhosh, K., 2016. Moringa oleifera: A review on nutritive importance and its medicinal application. *Food science and human wellness*, 5(1), pp. 49-56.

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

Lazalde Ramos, B. P. y otros, 2016. Efecto antimutageno y citoprotector del extracto acuoso de romero. *Ciencia e investigación estudiantil latinoamericana*, 21(2), pp. 1-5.

Lemus, M., Ramos, Y., Liscano, A. & D' Armas, H., 2013. Efecto hipoglucémico 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.

Llinás Castro, R., Alvais Estrada, L. & Mendoza Goez, L., 2017. Evaluación de la prescripción de glibenclamida en diabéticos 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 Potential 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.

Martín G, D., 2017. Los Compuestos Fenólicos: un Acercamiento a su Biosíntesis, Síntesis y Actividad Biológica.. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), pp. 81-104.

Martín, C. y otros, 2013. Potenciales aplicaciones de Moringa oleifera, una revisión crítica.. *Pastos y forrajes*, 36(2), pp. 137-149.

Mazimba, O. y otros, 2015. Cinnamomum verum: Ethylacetate and metanol extracts antioxidant and antimicrobial activity.. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 3(3), pp. 28-32.

Medina Pérez, E. y otros, 2017. Diabetes gestacional. Diagnóstico 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 pancreática por fracciones fenólicas de extractos

etanolicos de hojas de Yacón (*smallanthus sochifolius* Poepp. Endl). *Avances en Química*, 10(1), pp. 33-40.

México, Laboratorios A-L de;, 2018. *West Análítica y Servicios S.A de C.V.* [En línea]

Available at: <https://westanalitica.com.mx/>
[Último acceso: 15 10 2020].

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

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

Montero Recalde, M. y otros, 2017. Efecto antimicrobiano del aceite esencial de Canela (*Cinnamomun zylanicum*) sobre cepas de Salmonella. *Rev Inv Vet Perú*, 28(4), pp. 983-993.

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.

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

Negreros Castillo, P. y otros, 2014. *conabio*. [En línea] Available at: www.gob.mx/conabio
[Último acceso: 17 Octubre 2020].

Olivera Triste, M. R., 2020. *Generalidades sobre el consumo de la flor de coateco* [Entrevista] (4 Abril 2020).

Pacheco, F. & Blanco, M., 2020. Fenoles totales y flavonoides en semillas de Swetenia Macrophylla King y Swetenia Humilis Zuecarin. *Revista de la facultad de medicina*, 43(1), pp. 59-76.

Parras Loaiza, A. & López Malo, A., 2009. Importancia de los Grupos Fenólicos en los Alimentos. *Temas Selectos de Ingenieria de Alimentos*, 3(1), pp. 121-134.

Peña Torres, E. F. y otros, 2019. Ácidos hidroxicinámicos en producción animal: farmacocinética, farmacodinamia y sus efectos como promotor de crecimiento.. *Rev Mex Cienc Pecu*, 10(2), pp. 391-415.

Peñarrieta J, M. y otros, 2014. Compuestos Fenólicos y su Presencia en Alimentos. *Revista Boliviana de Química*, 31(2), pp. 68-81.

Pérez Chauca, E., Saldaña Bobadilla, V. & Minchan Herrera, P., 2020. Etnobotánica, farmacología, fitoquímica y usos medicinales de Huamanpinta en

el Perú – Chuquiraga spinosa Less.. *Ethnobotany Research and applications*, 19(1), pp. 1-5.

Pérez Vela, J. M., 2017. *Manual para el cultivo de caoba*, México: CEPIAGRY.

Prado Barragán, L. . A., Huerta Ochoa, S., Rodriguez Serrano, G. & Saucedo Castañeda, G., 1999. *Avances en purificación y aplicacion 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 antidiabeticos en la corbación Buenos Aires-La Plata, Argentina. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 15(6), pp. 373-397.

Q Pham, A., Kourlas, H. & Q Pham, D., 2007. *Biblioteca Nacional de Medicina Centro Nacional de Información Biotecnológica*. [En línea] Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17381386/> [Último acceso: 8 Octubre 2020].

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 Frmacognosia.*, Volumen 25, pp. 134-141.

Reinoso Orozco, R. y otros, 2017. Caracterización fisicoquímica y fitoquímica de la semilla de Swetenia humilis Zucc (caoba) y su efecto sobre la concentración de glucosa sanguínea en el modelo de diabetes inducida con estreptozotocina en ratas.. *Revista electrónica de ciencia y tecnología.*, 13(3), pp. 1-10.

Reynoso Orozco, R. y otros, 2017. Caracterización fisicoquímica d la semilla de Swietenia humilis Zucc (caoba) y su efecto sobre la concentración de glucosa sanguínea en el modelo de diabtes inducida con estreptozotocina en ratas. *Revista electrónica de ciencia y tecnología*, 13(13), pp. 1-10.

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 Peña, Y. A., Martínez Ávila, G. C. G., Singawa García, S. R. & Vázquez Rodríguez, J. A., 2013. Moringa oleifera; importancia, funcionalidad y estudios involucrados.. *Revista científica de la Universidad Autónoma de Coahuila*, 5(9), pp. 25-30.

Siurana Santamarina, M. P., Roselló Caselles, J. & García Breijo, F. J., 2006. *Biología vegetal*. Primera ed. Valencia, España: Servicio de publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia.

Souto da Rosa, R. y otros, 2015. Análisis micrográfico y fitoquímico de muestras comerciales de "canela".. *Dominguezia*, 31(2), pp. 11-15.

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

Sukardiman, M. E., 2020. The recent use of swietenia mahagonp (L.) Jacq. as antidiabetes type 2 phytomedicine:A systematic review. *Heliyo*, 10(3), pp. 22-24.

Surco Laos, F. y otros, 2016. Actividad antioxidante de metabolitos de flavonoides originados por la microflora del intestino humano. *Rev Soc Quim Perú*, 81(1), pp. 29-37.

Tenorio Domínguez, M., 2016. Flavonoides extraídos de la cascara de naranja tangelo (*Citrus reticulata* x *citrus paradisi*) y su aplicación como atioxidante natural en el aceite vegetal sacha inchi (*Plukenetia volubilis*). *Scientia Agropecuaria*, 7(4), pp. 419-431.

Triste Ramirez, M., 2020. *Formas de consumo de los hijitos de coateco* [Entrevista] (7 septiembre 2020).

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.

Universidad Autónoma de Barcelona ;, 2012. *American Journal of Psychiatry*. [En línea]

Available at: www.es/noticia/926773/0/farmacol
[Último acceso: 4 Noviembre 2020].

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

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

Velázquez Zavala, M., Peón Escalante, I. E., Zepeda Bautista, R. & Jiménez Arellanes, M. A., 2016. Moringa (*Moringa oleifera* Lam): potential uses in agriculture, industry and medicine. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 22(2), pp. 95-116.

Wang, Y., Tang, C. & Zhang, H., 2015. Efectos hepatoprotectores de kaempferol 3-O rutinósido y kaemferol 3- O- glucósido de *Carthamus tinctorius* L. en la lesión

hepática oxidativa inducida por CCl₄ en ratones. *Revista de análisis de alimentos y medicamentos*, 23(2), pp. 310-317.

Wehrhahne, N. L., 2017. Avena: Planta medicinal del 2017. *AgroBarrow*, 60(1), pp. 22-23.

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.