

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

UNIDAD XOCHIMILCO

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD

DEPARTAMENTO DE SISTEMAS BIOLÓGICOS

LICENCIATURA EN QUÍMICA FARMACÉUTICA BIOLÓGICA

PROYECTO DE SERVICIO SOCIAL

Uso de mezquite como medicina herbal y nutraceutico para uso humano y en rumiantes: Análisis bibliográfico.

PERTENECIENTE AL PROYECTO GENÉRICO

Obtención de materias primas, principios activos, medicamentos y productos biológicos

ETAPA

Diseño y desarrollo de formas farmacéuticas

Alumno: Diego Bolaños Silvestre

Matrícula: 2163065783

Asesora: Dra. Luz María Melgoza Contreras

Asesora: Dra. Verónica Rodríguez Guerrero

Lugar de realización:

Laboratorio de Farmacotecnia edificio N (UIDIS)

Universidad Autónoma Metropolitana

Unidad Xochimilco

Fecha de inicio y terminación:

5 de Marzo del 2021 – 5 de Septiembre del 2021

Índice

I.	Introducción	3
II.	Justificación.....	4
III.	Objetivos	5
	3.1 Objetivo general	5
	3.2 Objetivos particulares.....	5
IV.	Marco Teórico	6
	4.1 Medicina tradicional herbolaria	6
	4.1.1 Importancia de la medicina herbolaria	7
	4.1.2 Medicina herbolaria en México.....	8
	4.1.3. Usos de la medicina herbolaria en humanos	11
	4.1.3.1 Metabolitos secundarios	13
	4.1.3.2 Aplicaciones farmacéuticas de los metabolitos secundarios	14
	4.1.4 Usos de medicina herbal en rumiantes	15
	4.1.4.1 Rumiantes.....	17
	4.2 Nutraceuticos.....	19
	4.2.1 Nutraceuticos en la nutrición humana	20
	4.2.2 Nutraceuticos en rumiantes	21
	4.3 Mezquite (<i>Prosopis spp.</i>)	24
	4.3.1 Características	24
	4.3.2 Tipos de mezquite en México	25
	4.3.2.1 <i>Prosopis laevigata</i>	26
	4.3.2.2 <i>Prosopis juliflora</i>	28
	4.3.3. Usos del mezquite	30
	4.3.4 Consumo de mezquite en rumiantes.....	31
	4.3.5 Principales Metabolitos Secundarios en el Mezquite (propiedades farmacológicas).....	32
V.	Materiales y Métodos	33
VI.	Resultados	33
VII.	Discusión.....	35
VIII.	Conclusiones	40
IX.	Referencias Bibliográficas	41

I. Introducción

El mezquite (*Prosopis spp.*) es un arbusto o árbol espinoso perenne (INECC, 2007) resistente y de rápido crecimiento que se distribuye en las zonas semiáridas de Asia, África, Australia y América. El género *Prosopis spp.* está compuesto por un grupo de árboles pertenecientes a las familias *Fabaceae*. En México se cuenta con más de 50 especies estimando que hay cerca de 4 millones de hectáreas de mezquite distribuidos principalmente en las regiones áridas y semiáridas del país, donde *P. glandulosa*, *P. juliflora*, *P. velutina*, *P. pubescens*, *P. reptans*, *P. articulata*, *P. tamaulipana*, *P. palmeri* y *P. laevigata* son las más representativas. (Chaturverdi y Sahoo, 2013; Armijo *et al.*, 2019)

La importancia ecológica que presenta esta especie radica en fungir como planta fijadora de nitrógeno, enriqueciendo así el suelo, promoviendo el crecimiento de matorrales asociados a ella. En ecosistema desértico, *Prosopis spp.* funciona como sombra y refugio para la fauna silvestre, ya que se crea un microambiente bajo su cubierta foliar, esto influye sobre la diversidad y abundancia de algunos mamíferos, además de ser una fuente eficaz de alimento. (Armijo *et al.*, 2019)

Su utilización ha sido trascendental a través del tiempo, ya que fue un alimento básico e importante para los pueblos indígenas en las regiones áridas de América, esto debido a que es uno de los recursos vegetales más provechoso, ya que además de proporcionar sombra, también se aprovecha como leña, carbón, madera (para material de construcción), como alimento, medicina y forraje para ganado, produce una resina (conocida como goma de mezquite) que tiene uso medicinal e industrial. (Nereyda *et al.*, 2014; Rodríguez *et al.*, 2014). Al respecto de la composición nutrimental del mezquite, se encontró que tiene un buen aporte energético debido a su alto contenido de proteínas y carbohidratos (García *et al.*, 2019); principalmente la harina, que es el producto que se obtiene al moler las vainas enteras (frutos), y que además también aporta fibra, calcio y hierro, entre otros minerales y es libre de gluten. (Bigne *et al.*, 2016; Henciya *et al.*, 2017)

II. Justificación

En América del Sur las vainas de mezquite se han incorporado como suplemento en los piensos (compuestos alimenticios) para bovinos, ovinos, camellos, búfalos, entre otros. Esto debido a los altos niveles de proteína (15-21% aproximadamente) y azúcares solubles (20% aproximadamente), que aumenta su palatabilidad y consumo, lo que contribuye a mejorar la calidad de la dieta en los animales. En Norteamérica y específicamente en México, principalmente en el norte, existen cooperativas de campesinos que han hecho uso de dichas vainas como un alimento extra para el ganado, reconociendo que se tienen importantes beneficios al utilizarlas. Además, su uso ayuda a satisfacer la demanda de alimentos en época seca e incentivar así la aplicación de técnicas de producción animal compatibles con el medio ambiente. (Armijo *et al.*, 2019)

Asimismo, el mezquite se ha utilizado desde tiempos precolombinos como un arbusto útil en la construcción de viviendas y algunos muebles, además, como un medicamento herbolario, principalmente en el tratamiento de enfermedades infecciosas. Actualmente se ha reportado que contiene compuestos químicos con efectos farmacológicos tales como, los terpenos, taninos, alcaloides, flavonoides y compuestos fenólicos, que proporcionan efectos antimicrobianos, antiparasitarios y antiinflamatorios. Su uso se remonta en algunos preparados a base de agua y alcohol para la obtención de estos compuestos (Rodríguez *et al.*, 2014; Henciya *et al.*, 2017).

Por lo que, el uso de nuevas alternativas terapéuticas, así como la importancia de la nutrición como un elemento que fortalece la salud del individuo, han dado nuevamente un acercamiento a la utilización de productos naturales, tales como las hierbas, frutos, semillas y alimentos que proporcionen beneficios a la salud y puedan ser usados como nutracéuticos o medicina herbolaria o alternativa. (García, 2018; Rojas *et al.*, 2015)

III. Objetivos

3.1 Objetivo general

Conocer bibliográficamente los usos del mezquite como nutraceutico y medicina herbal en México.

3.2 Objetivos particulares

- Buscar información del uso del mezquite en diferentes fuentes bibliográficas.
- Conocer y comparar los diferentes usos medicinales que se le confiere al mezquite tanto para humanos como para rumiantes.
- Conocer los usos del mezquite como alimento en México.
- Conocer los efectos benéficos del uso del mezquite.

IV. Marco Teórico

4.1 Medicina tradicional herbolaria

La medicina tradicional se define como “la suma total de conocimientos, habilidades y prácticas basadas en las teorías, creencias y experiencias indígenas de diferentes culturas, utilizadas tanto en el mantenimiento de la salud como en la prevención, diagnóstico, mejora o tratamiento de enfermedades físicas y mentales la cual se ha utilizado durante tiempos inmemorables. La subsistencia del ser humano ha dependido del acervo de conocimientos sobre la naturaleza, resultado del contacto íntimo con plantas y animales (Chung *et al.*, 2020).

Las plantas se usan de diferentes maneras, principalmente como alimento, medicina, forraje, combustible, etc. El uso con fines medicinales procede desde hace millones de años y en México proviene desde tiempos prehispánicos (Jiménez *et al.*, 2015; Ávila *et al.*, 2016 y Orates-García *et al.*, 2018). Aproximadamente el 80% de los consumidores en el mundo han utilizado medicamentos a base de hierbas o algún otro producto natural, este porcentaje puede variar significativamente, según el estatus social, la etnia y las tradiciones culturales (Sílvia *et al.*, 2020).

Cuando hablamos de medicina tradicional hacemos referencia a la utilización de animales, plantas o de materiales derivados de ellas, con algún fin terapéutico, que durante varios siglos se han usado con el propósito de dar tratamiento a diversas enfermedades. (Olivero, *et al.*, 2021). Se compone de un amplio conocimiento el cual se obtiene de manera local, es decir, que se transmite de generación en generación y la mayoría de las veces esta información carece de estudios científicos (Chávez *et al.*, 2017, Orates-García *et al.*, 2018; Lima *et al.*, 2019).

A pesar de que en algún tiempo los productos de origen natural pasaron a segundo plano gracias al desarrollo de nuevos fármacos sintéticos y el surgimiento de grandes industrias farmacéuticas, para el siglo XX se comenzó a tener una amplia presencia de productos de origen natural (Lima *et al.*, 2019).

4.1.1 Importancia de la medicina herbolaria

La medicina tradicional herbolaria es importante debido a que los conocimientos ancestrales son una fuente de información para la investigación de productos naturales y el desarrollo de nuevos fármacos semisintéticos. Entre los estudios científicos que se realizan en la medicina herbolaria tenemos los de bioprospección, los cuales tienen el objetivo de investigar el desarrollo de las plantas, así como de los agentes biológicamente activos; sin embargo, uno de los principales desafíos es la selección de las plantas.

Los estudios de bioprospección se realizan utilizando la información recopilada en investigaciones etnofarmacológicas y su análisis se hace mediante el uso de alguna herramienta cuantitativa. Pero desafortunadamente el conocimiento etnobotánico está desapareciendo en muchas partes del mundo, particularmente en los países desarrollados, debido a los cambios socioeconómicos en curso y a la pérdida de culturas étnicas (Bottoni *et al.*, 2020).

A partir de 1978 la OMS ha recomendado la integración de la medicina tradicional (principalmente la medicina herbolaria), implementando estrategias para su integración como medicina complementaria en los sistemas de salud; por ejemplo, la estrategia de Medicina Tradicional 2013-2014 tenía dos objetivos principales, el aprovechamiento del potencial de la medicina tradicional y su futura complementariedad en los sistemas de salud y bienestar de la población (Oyebode *et al.*, 2016).

Tradicionalmente la medicina herbolaria o complementaria ha sido considerada como una alternativa terapéutica para un vasto sector de la población rural la cual no tiene un acceso adecuado a la medicina alópata (Jiménez *et al.*, 2015). Siendo que, en las últimas décadas ha habido un incremento en el diseño y uso de medicamentos a base de plantas medicinales (tés, suplementos dietéticos o formulaciones autóctonas que contienen diversas plantas o partes de ellas) así como la creación de terrenos para el cultivo de plantas medicinales adyacentes al consultorio médico de familia (CMF); cobrando mayor importancia como medicina complementaria. Esto ha provocado un aumento en la investigación y utilización de estas plantas, obteniendo así más información tanto de sus usos como de los efectos provocados en la salud de los pacientes (William y Jafri, 2015; González *et al.*, 2016; Wei Liu *et al.*, 2017).

El aumento en su uso se debe tanto a los bajos costos, como a la preocupación de los posibles efectos secundarios atribuidos a los tratamientos farmacológicos clásicos alópatas, lo que ha llevado a la búsqueda de nuevas opciones; originando que la medicina tradicional tenga un papel muy importante como terapia en diversas enfermedades tales como la hipertensión, asma, epilepsia, etc. (William y Jafri, 2015; González *et al.*, 2016; Wei Liu *et al.*, 2017; Olivero *et al.*, 2021).

Sin embargo, los medicamentos a base de hierbas en su mayoría son una mezcla compleja de varios componentes, dificultando la identificación de un mecanismo de acción apropiado para cada uno de estos componentes activos (Olivero *et al.*, 2021); y al igual que los medicamentos convencionales, la medicina herbolaria también puede poseer efectos secundarios, interacciones y contraindicaciones médicas (Ugeskr *et al.*, 2017). Pero esto a la población no le interesa, debido a la creencia que existe de “por ser un producto natural no tiene efectos secundarios”; siendo esta una de las principales razones por lo que es necesario la realización de pruebas de toxicidad, pruebas en animales y en humanos, esto para que ayuden a determinar si estos tratamientos son seguros para usarse (González *et al.*, 2016).

Estas pruebas son de suma importancia ya que permiten obtener información acerca de los efectos farmacológicos, terapéuticos y las interacciones con algún otro medicamento, permitiendo de esta manera la incorporación de la medicina herbolaria como un verdadero complemento a la medicina moderna, elevando su uso, así como contribuyendo al mejoramiento y seguridad de la salud humana (William y Jafri, 2015; González *et al.* 2016; Veluswamy, 2020).

4.1.2 Medicina herbolaria en México

En México, la medicina tradicional es un mosaico de diferentes culturas (principalmente de las culturas maya y mexica) que han desarrollado el conocimiento actual sobre el uso de las plantas (Jiménez 2017; Orates-García *et al.*, 2018). Pero este desarrollo se vio interrumpido después de que los españoles controlaron y evangelizaron a estas culturas.

La medicina ancestral tenía un enfoque mágico-religioso para la curación y tratamiento de enfermedades, por ejemplo, entre las habilidades médicas y métodos de curación existían técnicas de masajes para la restauración de dislocaciones, el uso de pinchazos de espigas de puercoespín para tratar la neuralgia, algo similar a lo aplicado en la medicina tradicional china. Durante el periodo de la conquista se introdujeron nuevos productos del viejo mundo y combinados con los métodos autóctonos, enriquecieron así el arsenal de la medicina natural en el país (Cruz y Díaz *et al.*, 2017; Jiménez, 2017).

Uno de los productos más usados en la medicina tradicional son las plantas medicinales o partes de estas (flores, fruto, tallo, etc.), siendo un recurso biológico importante. De la parte seleccionada se pueden obtener extractos los cuales serán empleados en el tratamiento para diversas enfermedades como dolor de cabeza, estómago, hinchazón, etc., teniendo una acción terapéutica (alivio o mejora) (Toledo *et al.*, 2021).

A partir de los 80's el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS) comenzó a monitorear las distintas enfermedades epidemiológicas en comunidades rurales marginadas donde se utilizaban productos derivados de las plantas, y se empezó a realizar una recopilación y conservación de la medicina herbolaria usada en las comunidades, donde los conocimientos en la elaboración de estos productos son transferidos de manera oral y su uso se prefiere para tratar ciertas enfermedades debido a su menor costo y a la creencia de que las hierbas son menos tóxicas, dado que son naturales (Cruz y Díaz *et al.*, 2017; Geck *et al.*, 2020).

En México hay más 30,000 plantas medicinales (teniendo el 15% de plantas fructíferas del mundo) las cuales contienen metabolitos secundarios con diversos efectos terapéuticos, pero a pesar de tener una gran diversidad de plantas medicinales, esta área de la medicina no se ha desarrollado completamente, o al menos no es una prioridad en la medicina mexicana (Cruz y Díaz *et al.*, 2017). En algunos casos, sus usos autóctonos se han organizado y registrado en la Farmacopea Herbolaria Mexicana, donde el 5% de las plantas registradas han recibido una investigación científica (Alvarado *et al.*, 2020). La medicina herbal es reconocida por la Secretaría de Salud, el Instituto Mexicano para el Estudio de las Plantas Medicinales y la Comisión para el uso y Conservación de la Biodiversidad, contando con una biblioteca digital sobre plantas medicinales (Chávez *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2019).

La mayoría de las plantas son silvestres (Osuna *et al.*, 2005), relacionándose con el saber ambiental local de los grupos étnicos, que no sólo recolectan las plantas para uso propio, sino que algunas especies se llegan a cultivar para su exportación a Estados Unidos y Canadá. En México esta práctica medicinal ha cobrado importancia ya que se llegan a utilizar hasta 5,000 de estas plantas para el tratamiento de alguna enfermedad (Chávez *et al.*, 2017). Además, se estima que cerca del 80% de las personas recurren al uso de productos de plantas medicinales para procurar su salud, aliviar algunos síntomas o curarse; presentándose como un recurso inmediato, acudiendo a mercados, tianguis, droguerías, expendios de plantas medicinales o alguna persona que se las proporcione (Pérez *et al.*, 2019).

Su uso persiste debido a que forman parte de un sistema médico más accesible y debido a que su mantenimiento es económico (Pérez *et al.*, 2019); siendo esta una de las razones por lo que la OMS ha recomendado su utilización como parte del sistema de salud, denominándolo medicina tradicional y complementaria (MTC), de la misma forma se impulsa el desarrollo y aplicación de políticas, reglamentos y directrices que permitan atender las necesidades de salud, específicamente en lo relacionado con los conocimientos para gestionar activamente la MTC (Gallegos *et al.*, 2017).

El uso de documentos que describan los ensayos de calidad a través de normas (tanto nacionales como internacionales), características (con monografías) y farmacopeas son importantes debido a que existen en el mercado productos de fácil obtención los cuales se ofrecen sin ninguna restricción (productos milagro) y no garantizan la seguridad del consumidor (Nsibirwa *et al.*, 2020).

En México se cuenta con una Farmacopea Herbolaria, siendo de los pocos países que cuenta con una, en esta se compilan las pruebas analíticas que se requieren para demostrar que el producto herbolario es de calidad y cumple con la eficiencia requerida para su comercialización. Estas determinaciones son las siguientes:

- Ensayos destinados a establecer la identidad botánica y química.
- Ensayos enfocados a establecer su composición a partir de la valoración del contenido de marcadores (moléculas marcadoras) y/o principios activos.

- Ensayos destinados a conocer su pureza, como es la especificación de material extraño, contenido de plaguicidas, tipo de aflatoxinas y de metales pesados.

Estos ensayos son importantes y son indispensables para poder producir y comercializar un producto herbolario en nuestro país (Nsibirwa *et al.*, 2020).

Pero debido al aumento de enfermedades crónicas no transmisibles (diabetes, enfermedades cardíacas, cerebrovasculares, cirrosis, cáncer, entre otras) y que los mexicanos tienen la segunda prevalencia más alta de obesidad (33% de los adultos) y la más alta proporción general de sobrepeso (Corell-Doménech, 2019), existe una alta aceptación por parte de la población en la utilización de productos herbolarios para curar, prevenir y tratar algún malestar o enfermedad mencionada anteriormente (Alvarado *et al.*, 2020). Sin embargo, aunque exista una gran aceptación, es necesario realizar una evaluación científica, ya que de esta manera se sabe la efectividad de las plantas usadas en la terapéutica complementaria y se identifican sus funciones, principios activos y toxicología ayudando con esto a conservar la medicina tradicional (Villarreal-Ibarra, 2015; Rodríguez y García 2016).

4.1.3. Usos de la medicina herbolaria en humanos

Desde sus inicios el hombre ha creado las condiciones para vivir mejor, atenuar enfermedades y mejorar su calidad de vida; desde ese entonces la medicina herbolaria ha estado a lado del ser humano con la finalidad de curar muchas de sus dolencias (Villarreal-Ibarra, 2015; Rodríguez y García, 2016). La medicina tradicional herbolaria tiene su propia manifestación en diferentes culturas como en oriente (la medicina China, la ayurvédica de la india, Kampo de Japón, la medicina aborígen en Australia y Rongoā en Nueva Zelanda, entre otras), así como en América se tiene a la medicina tradicional mexicana o de Latinoamérica en general (Zhang *et al.*, 2021)

La medicina tradicional es reconocida en diferentes países, debido a los importantes remedios complementarios y alternativos, como auxiliar en el tratamiento en diferentes enfermedades crónicas. Actualmente existe una amplia cantidad de medicamentos, utilizados en la clínica, que utilizan como base moléculas obtenida a través de una planta medicinal; por ejemplo, para el tratamiento de enfermedades como el cáncer se tiene el uso de paclitaxel (PTX), la camptotecina (CPT) y la podofilotoxina todos medicamentos de origen herbal. Además, existe la utilización de plantas medicinales para el tratamiento de síntomas como el dolor el cual se trata con la utilización de *Papaver somniferum L.*, de esta planta son extraídas moléculas analgésicas como la morfina y la *Papaverinan* (Moreno *et al.* 2020),

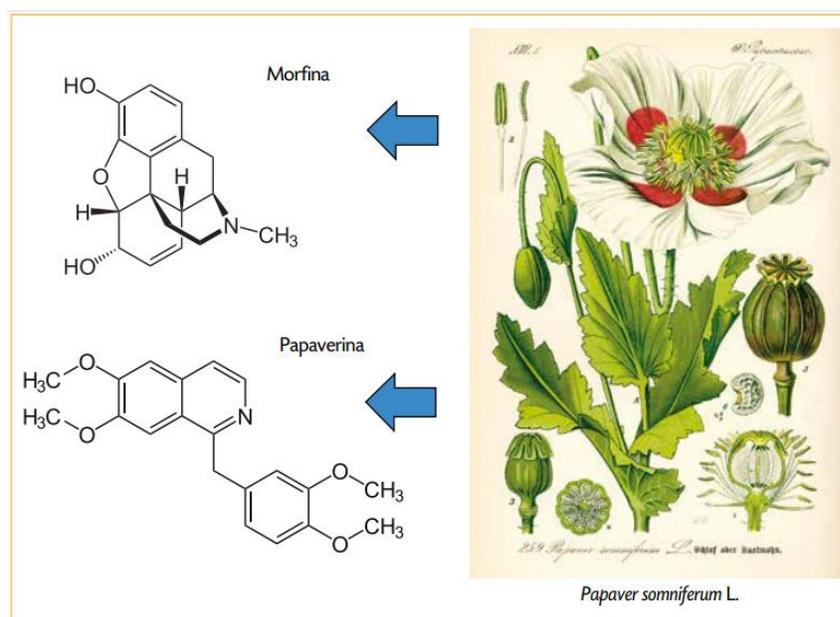


Figura 1. Metabolitos secundarios con naturaleza alcaloidea aislados de la planta medicinal llamada amapola, obtenida de Moreno *et al.*, 2020.

También se utilizan moléculas obtenidas de estos conocimientos que a través de algunas modificaciones se obtienen nuevas moléculas (semi-sintéticas) útiles en el tratamiento de diversos síntomas y/o enfermedades como es el caso de *Salix alba.*, donde se extrajo el ácido salicílico que a través de una modificación se pudo producir el ácido acetil salicílico, conocido como Aspirina, uno de los analgésicos más usados a nivel mundial (Figura 2).

Estas modificaciones estructurales (acetilación, nitración, esterificación, etc.) de algunas moléculas se realizan principalmente para mejorar algunas características organolépticas, así como reducir algunos efectos adversos y toxicidad de la molécula estudiada (Moreno *et al.* 2020; Zhang *et al.*, 2021)

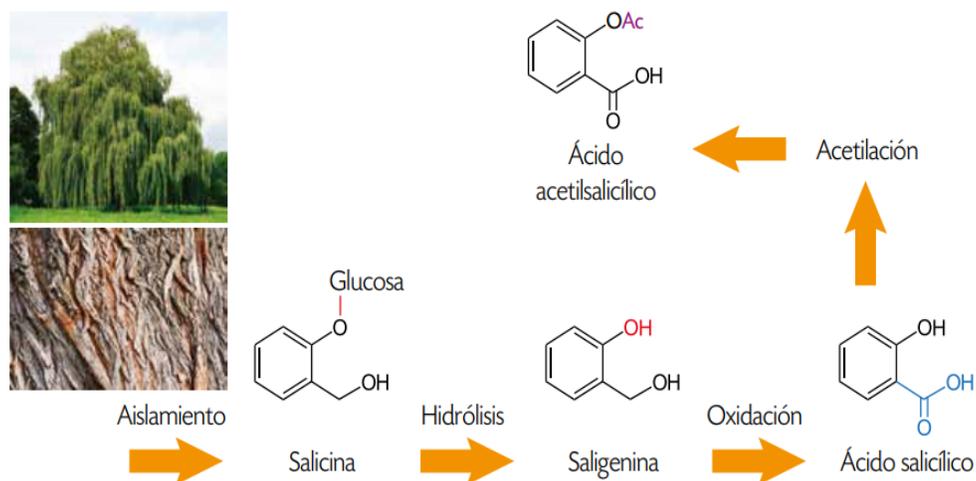


Figura 2. Semisíntesis del ácido acetilsalicílico obtenida de Moreno *et al.*, 2020.

Además, se sabe (a través de diversos estudios) que la medicina herbolario contiene una variedad de sustancias biológicamente activas (antibacterianos, alcaloides, polisacáridos, glucósidos, aceites esenciales, taninos, ácidos orgánicos, aminoácidos, minerales y vitaminas) que hacen posible su uso como medicamentos herbales y suplementos nutricionales, tanto en humanos como en animales como por ejemplo, algunos rumiantes (vacas, ovejas, cabras, etc.) a estas moléculas se le denominan metabolitos secundarios (Bae *et al.*, 2015).

4.1.3.1 Metabolitos secundarios

Los metabolitos secundarios son una gran variedad de compuestos que las plantas producen como medio de defensa al ataque de insectos, microorganismos y de adaptación a ambientes adversos (temperatura, humedad, intensidad de luz, sequía, etc.) (Vélez *et al.*, 2014).

Las plantas destinan una mayor cantidad del carbono asimilado y de la energía a la síntesis de una amplia variedad de moléculas orgánicas que no tienen una función directa en los procesos metabólicos primarios (fotosíntesis, respiración, asimilación de nutrientes, transporte de solutos o síntesis de proteínas, carbohidratos o lípidos), por ello que se les denominan metabolitos secundarios (Sepúlveda-Vázquez, 2018).

A diferencia de los metabolitos primarios, los metabolitos secundarios son únicos para cada especie he incluso presentando variaciones a lo largo del año ya que diversos factores como radiación solar, edad, estado fenológico de la planta, nutrición, estrés hídrico, procedencia geográfica, etc., influyen en la generación de mecanismos de adaptación entre ellos que determinan la producción de dichos metabolitos, su importancia es basta la cual van desde tratamientos terapéuticos, uso en la belleza a través de la cosmética, etc. (Sepúlveda-Vázquez, 2018).

4.1.3.2 Aplicaciones farmacéuticas de los metabolitos secundarios

El estudio de las sustancias producidas por plantas fue iniciado por químicos orgánicos del siglo XIX y principios del XX; los cuales estaban interesados en estas sustancias debido a su importancia como sustancias medicinales, venenos, saborizantes, pegamentos, aceites, ceras y otros materiales utilizados en la industria (Galiano *et al.*, 2018).

Los compuestos obtenidos de los metabolitos secundarios se han usado principalmente para la fabricación de medicamentos y preservación de alimentos. Dentro del ámbito farmacéutico, estos se destacan por tener varias propiedades biológicas como antiinflamatorios, antibacterianos, antifúngicos, antitumorales, hipocolesterolémicos, inmunosupresores, antiparasitarios, los cuales han funcionado como principios activos (PA) o como plataformas para obtener medicamentos semisintéticos (Ramírez, 2016). Esto se debe a la amplia diversidad de sustancias tales como terpenos, alcaloides, fenoles, etc., que ha generado la curiosidad por parte de la industria farmacéutica hacia ciertos químicos y sus actividades biológicas (Ramírez, 2016; Galiano *et al.*, 2018).

Por otro lado, en los últimos años se ha demostrado que a través del uso de dichos metabolitos se tienen efectos en la manipulación de algunos de los procesos metabólicos en los rumiantes, esto mediante la modulación selectiva de las poblaciones microbianas del rumen, lo que permite mejorar la fermentación del alimento, el metabolismo del nitrógeno y reducir la producción de metano (Vélez *et al.*, 2014).

4.1.4 Usos de medicina herbal en rumiantes

A finales de los 90's se comenzó con nuevas investigaciones sobre fisiología digestiva de rumiantes, que estuvieron relacionadas con el valor potencial de las plantas como proveedoras de alimento las cuales fueron capaces de complementar la dieta como fuente de proteínas, o de manipular procesos fermentativos a nivel ruminal. En la actualidad se continúa con diversos estudios con diferentes plantas como, por ejemplo, *Tithonia diversifolia*, *Cordia alba*, *Leucaena leucocephala*, *Pithecelobium dulce*, *Moringa oleifera*, *Gliciridia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Tithonia diversifolia* y de *Enterolobium cyclocarpum*, entre otras, que ayudan a reducir la población de protozoos y la metanogénesis ruminal y a la vez como suplemento alimenticio (Ramírez, 2017).

Como es conocido, las plantas forman parte de la medicina tradicional mexicana, la cual se emplea tanto en humanos como animales, en estos últimos se realiza a través de la etnoveterinaria, la cual es una disciplina que estudia el manejo y las prácticas veterinarias en sociedades de tradición oral (la principal fuente de conocimientos proviene de los mismos pobladores) donde los tratamientos herbolarios son la principal opción y la utilización de medicamentos se tiene en segundo plano (Ramírez, 2017).

En algunas regiones de México la utilización de estos conocimientos es muy común de ver en el tratamiento de diversas enfermedades y este conocimiento está estrechamente relacionado con los trabajadores de la ganadería, ya que ellos son el principal contacto de conocimiento empírico sobre cada especie, teniendo como segundo término el empleo de las prácticas médicas dadas por profesionales en la materia; dichos tratamientos se realizan más en ovejas, cabras y vacas (Gutiérrez, 2015; Salinas *et al.*, 2017).

Entre las principales enfermedades que se reportan, son los malestares de dolor abdominal, fracturas, conjuntivitis y ofidismo. En muchos de los tratamientos tradicionales se destaca el uso (Tabla 1) de *Mentha spicata*, *Origanum vulgare*, *Piper auritum*, *Aloe vera*, *Phragmites australis* y *Agave spp.* (Figura 3).



Figura 3. Plantas medicinales usadas en rumiantes en México 1. *Mentha spicata*, 2. *Origanum vulgare*, 3. *Piper auritum* y 4. *Aloe vera*.

Tabla 1. Plantas medicinales usadas en la medicina etnoveterinaria en ovinos y caprinos en Oaxaca. Tomada de Salinas *et al.*, 2017.

Nombre científico	Nombre común	Enfermedad por curar	Aplicación y/o Administración
<i>Mentha spicata</i>	Hierbabuena	Dolor abdominal	Infusión (oral)
<i>Origanum vulgare</i>	Orégano	Dolor abdominal	Infusión
<i>Piper auritum</i>	Hierbasanta	Retención de placenta	Machacado e ingerido
<i>Aloe vera</i>	Sábila	Retención de placenta	Infusión
<i>Agave spp.</i>	Magüey	Ofidismo	Punzar
<i>Phragmites australis</i>	Carrizo	Fractura	Entablillar

Sin embargo, los conocimientos etnoveterinarios no solo se basa en el uso de plantas medicinales, sino también se emplean remedios caseros como el uso de aceite comestible, usando principalmente en el tratamiento de dolores o malestares en el estómago de los animales; en estudios mostrados por Martínez *et al.* (2012) se observó que el uso de aceites en rumiantes no es perjudicial, y puede ser una buena opción para la modificación del perfil de los ácidos grasos de la leche. A parte del uso de aceite comestible, se tiene que el uso de vinagre blanco, junto con sal y azúcar, sustancias usadas en el tratamiento de diversos síntomas relacionadas al estómago, donde la principal vía de administración en todos los remedios usados es la oral (Salinas *et al.*, 2017).

Es importante resaltar que la medicina usada para rumiantes principalmente es la medicina herbolaria, así como la utilización de otros compuestos como el aceite, vinagre etc., por lo que existe una fuerte relación con la medicina aplicada para humanos, Por ejemplo, en regiones de México como Coixtlahuaca Oaxaca, se comparten ciertas plantas medicinales, las cuales ayudan tanto para el diagnóstico como para el tratamiento terapéutico de ciertos síntomas. Asimismo, en otras regiones del mundo hacen uso de la medicina herbal, como en Argentina (donde se registró que, de 190 plantas usadas para humanos, 70 son usadas en etnoveterinaria y 69 para ambos casos) y Etiopia (donde 90 plantas fueron usadas como tratamiento medicinal, de las cuales 62 son usadas en humanos y 25 para ambos casos) (Salinas *et al.*, 2017).

Por lo que la práctica de la medicina herbolaria no solo en México, sino en diferentes regiones del mundo es de suma importancia tanto en el tratamiento de enfermedades humanas como de rumiantes (Martínez *et al.*, 2012; Salinas *et al.*, 2017).

4.1.41 Rumiantes

Los rumiantes comprenden alrededor de 250 especies las cuales están distribuidas en todo el mundo, donde encontramos entre las familias más comunes a los *cérvidos* (venado, reno, alce); los *jiráfidos* (jirafa y okapi); los *bóvidos* (toros, vacas, búfalos, antílopes, ovejas y cabras), los cuales se encuentran de una forma doméstica o salvaje (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2017). Se caracterizan por su capacidad para alimentarse de pastos y forrajes, por lo que es muy fácil encontrarlos en grandes pastizales, trasladándose de lugar en lugar en busca de nuevo pasto fresco (Gutiérrez, 2015; Ramírez, 2017).

Su alimentación es estrictamente herbívora ya que pueden degradar los hidratos de carbono estructurales tales como la celulosa, hemicelulosa y pectina, que son muy poco digestibles para especies no rumiantes o de estómago simple. La degradación del alimento la realizan mayoritariamente por digestión fermentativa y no por acción de enzimas digestivas. Estos procesos fermentativos los realizan diferentes tipos de microorganismos que el rumiante aloja en sus divertículos estomacales (Relling y Mattioli, 2003; Gutiérrez, 2015; Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2017).

Entre las características que diferencian a estos animales se encuentra la forma de digestión, ya que lo realizan en dos etapas, primero lo consumen y luego realizan la *rumia*, la cual consiste en regurgitar el alimento que ya se encontraba en el estómago, esto se realiza para desmenuzar y agregar saliva, mejorando la absorción y metabolización del alimento. (Relling y Mattioli, 2003; Gutiérrez, 2015). Su estómago, se divide en cuatro cavidades: el retículo (red o redecilla), el rumen (panza), el omaso (librillo) y el abomaso (cuajar) (Figura 4). El abomaso es glandular y funcionalmente es un análogo al estómago de un animal no rumiantes (Relling y Mattioli, 2003).

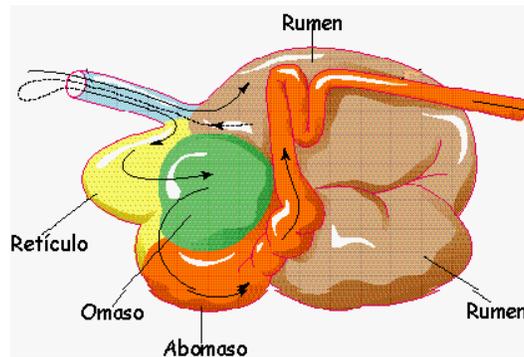


Figura 4. Aspectos fisiológicos generales del estómago de los rumiantes (Figura tomada de García, 2016)

La digestión depende del desarrollo normal de los microorganismos que realizan este proceso. El rumiante crea y mantiene a nivel de retículo-rumen las condiciones ideales para su crecimiento y multiplicación, teniendo de esta manera las condiciones de pH y temperatura óptima para el desarrollo ideal de los microorganismos y funcionamiento de muchos de los sistemas enzimáticos, convirtiéndose en un “gigantesco medio de cultivo líquido” (Relling y Mattioli, 2003; García. 2016).

Aunque existan las condiciones óptimas para el crecimiento de microorganismos, es difícil determinar qué tipos de microorganismos están presentes en el rumen ya que forma parte de la microflora normal o su presencia es eventual por haber llegado en el alimento. Sin embargo, entre los microorganismos más comunes tenemos a las bacterias, protozoarios ciliados y flagelados, también con cierta frecuencia encontramos levaduras, teniendo entonces a microorganismo anaerobios o anaerobios facultativos (Figura 5) (García, 2016).

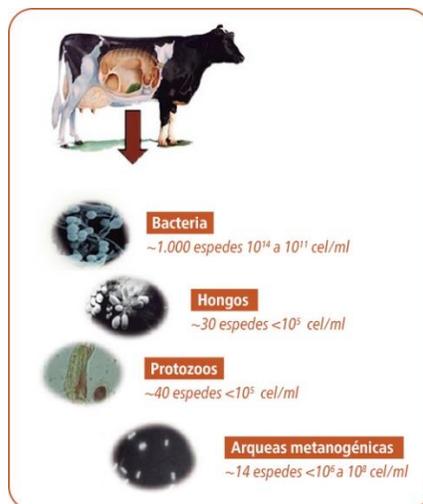


Figura 5. Microorganismo presente en los rumiantes (Figura de Vukasovic, 2020)

Pero en los últimos años se ha visto a través de algunos estudios que el uso de los metabolitos secundarios, obtenidos por diversas plantas medicinales, tienen un potencial en su uso para el ganado y su efecto en rumiantes *in vivo*, esto se ha realizado mediante nutracéuticos y suplementos vitamínicos.

4.2 Nutracéuticos

El término nutracéutico proviene de la combinación de dos elementos básicos, un componente nutricional y otro farmacéutico, refiriéndose así a cualquier sustancia presente en algún alimento o partes de este que lleguen a proporcionar algún beneficio específico en la salud (se comporta como un medicamento), este beneficio puede ser en la prevención y/o el tratamiento de alguna enfermedad (Martínez *et al.*, 2015; Rojas *et al.*, 2015; García-Silvera, 2018). A diferencia de la mayoría de los medicamentos, los nutracéuticos son sustancias que provienen de orígenes biológicos (Pérez, 2006; Sandoval-Peraza *et al.*, 2016).

La clasificación de los alimentos nutraceuticos es variada, según Pérez (2006), se pueden dividir en tres principales grupos (nutrientes, compuestos químicos y prebióticos). Sin embargo, García-Silvera (2018), menciona que se pueden clasificar como productos provenientes de hierbas, frutas, verduras, suplementos dietéticos hasta alimentos genéticamente modificados, así como productos procesados ya existentes en el mercado (sopas, cereales y bebidas); lo que ha permitido una diversificación en los productos nutraceuticos; encontrando productos comerciales emergentes de la industria alimenticia, agroindustrial, herbolaria y farmacéutica.

Pérez (2006) menciona que algunos de los criterios que deben de cumplir estos productos son:

- Productos de origen natural.
- Aislados y purificados por métodos no desnaturalizantes.
- Aportar efectos benéficos para la salud: mejora de una o más funciones fisiológicas, mejorando la calidad de vida y acción preventiva y/o curativa.
- Aportar estabilidad temporal.

Dentro de los grupos nutraceuticos más importantes se puede mencionar los antioxidantes, compuestos fenólicos, aceites esenciales, fibras dietéticas, ácidos grasos, fosfolípidos, prebióticos y minerales. Estos productos después de ser aislados de un alimento deben de conservar sus propiedades originales sin realizar alguna manipulación química (Sandoval *et al.*, 2016).

4.2.1 Nutraceuticos en la nutrición humana

Diferentes factores como una mala alimentación basada en comida chatarra o comida rápida provoca deficiencias nutricionales, lo que se refleja en una falta de respuesta terapéutica (deficiencia en la respuesta inmunitaria) y un aumento en el riesgo de contraer enfermedades; además de ello, la presencia frecuente de efectos adversos en terapias farmacológicas ha impulsado a buscar nuevas alternativas para prevenir y tratar enfermedades, re-descubriendo así un papel importante en la nutrición (García, 2018; Vera *et al.*, 2019).

La importancia de la nutrición nace a través del descubrimiento de los micronutrientes y su relación con algunas enfermedades; definiéndose cómo una ciencia multidisciplinaria que abarca áreas médicas, biológicas, fisiológicas, genómicas, he incluso aspectos sociales y ambientales (Taylor-Baer y Herman, 2018).

La capacidad de fortalecer las condiciones saludables en el individuo mediante la alimentación funciona como un auxiliar al mantenimiento de la salud. Por lo que la implementación de una dieta balanceada ayuda a mejorar las funciones fisiológicas del organismo y prevenir enfermedades (Martínez *et al.*, 2015; Vera *et al.*, 2019), y de la misma manera, permite satisfacer las necesidades reales de energía y nutrientes (Mariño *et al.*, 2015; Balestrieri *et al.*, 2020).

La FAO está implementando como principal estrategia la educación nutricional tanto para la prevención y tratamiento de las enfermedades crónico-degenerativas y ENT, lo que ha dado como estrategia terapéutica el uso de nutraceuticos (FAO, 2011; Martínez *et al.*, 2015; Vera *et al.*, 2019). Así como, especialistas en la salud y de otras áreas, reconocen la utilidad del consumo de estos productos para la modificación del curso natural de las enfermedades crónicas, cardiovasculares, dermatológicas, gastrointestinales, entre otras (Jiménez *et al.*, 2015; Rojas *et al.*, 2015).

En los últimos años se ha visto un aumento en el consumo de ciertos nutraceuticos y suplementos alimenticios que son usados con fines profilácticos, tales como el ácido fólico, el cual es un suplemento alimenticio que se usa para prevenir enfermedades cardiovasculares, neurológicas y de nutrición (obesidad y desnutrición). Además, el constante aumento en el consumo mundial de nutraceuticos ha generado grandes beneficios económicos a la industria alimentaria, por ejemplo, en el 2015 se obtuvieron ganancias aproximadas de 152 mil millones de dólares (Rojas *et al.*, 2015).

4.2.2 Nutraceuticos en rumiantes

La mayoría de los suplementos nutraceuticos se han diseñados para el uso en animales de compañía (perros y gatos), siendo productos con sulfato de condroitina, mezclas de glucosamina HCl y ascorbato de manganeso, etc., los más utilizados (Herrera *et al.*, 2018).

En los últimos años se han realizado investigaciones en rumiantes, las cuales están dirigidas a la producción de leche, carne y sus derivados en forma natural, es decir, directamente desde el propio organismo animal. Los alimentos nutracéuticos se pueden originar al agregar alguna sustancia benéfica directamente al propio alimento, como es el caso de los prebióticos y probióticos. (Monzón y Goretta, 2019).

Existen numerosos trabajos en rumiantes (vacas, ovejas y cabras) con resultados muy importantes implementado pastizales naturales, aceites vegetales y/o pescado desodorizado y saborizado, donde se obtiene leche y carne con altas concentraciones de ácidos grasos poliinsaturados (benéficos para la salud) y menor concentración de ácidos grasos saturados, considerados malos para la salud de quien lo ingiere y sobre todo en exceso (Carrete *et al.*, 2019; Monzón y Goretta, 2019). Además, Herrera *et al.*, (2018) menciona que el consumo de alimentos basados en hierbas tiene efectos benéficos como el fortalecimiento de funciones inmunes, la fermentación ruminal y la mejora en la producción de terneros y vacas lecheras, demostrando la importancia de la alimentación en dichos rumiantes.

Una alimentación adecuada y balanceada puede tener efectos benéficos en la alimentación de los rumiantes, debido a que se puede favorecer la fermentación de los alimentos por parte de los microorganismos del rumen. Por ejemplo, en investigaciones realizadas en ganado, se suplementó estratégicamente una mezcla de aceites de girasol y de pescado, se obtuvieron resultados favorecedores teniendo una producción de leche con una concentración de ácido linoleico conjugado (ALC) y altas concentraciones de Omega 3, mientras hubo una disminución en la concentración de ácidos grasos saturados (Carrete *et al.*, 2019). Asimismo en un estudio presentado por Bae *et al.*, (2015), donde fueron usados como aditivos alimenticios y suplementados en las dietas de cabras con hierba de *Pachulí Cablin* (CPH), *Rizoma de Atractylodes* (AR), *alcornoque de Amur* (AC) y *Cypsum*, se observaron efectos positivos en las concentraciones ruminales de ácidos grasos volátiles y una mayor actividad de las enzimas celulolíticas, así como una mejora en la degradabilidad ruminal y en la digestibilidad de los nutrientes proporcionados por la dieta. De esta manera, se tiene un excelente potencial de fermentación ruminal, lo que genera beneficios incluso en la metanogénesis ruminal, siendo una buena opción para suplementar en la alimentación del ganado.

Estos avances han promovido la comercialización de productos nutracéuticos que funcionen como aditivos y que sean beneficiosos para el ganado. En México ya se tiene aprobado y comercializado el uso de nutracéuticos en rumiantes, por ejemplo, la Biocolina (Figura 6) la cual está elaborada con una mezcla polihierbal procedentes de la Inda que incluyen *Achyranthes Aspera*, *Trachyspermum ammi*, *Azadirachta Indica*, *Citrullus Colocynthis* y *Andrographis paniculata*, las cuales contiene colina y sus derivados. Este producto está protegido de la degradación ruminal, para mejorar el aprovechamiento por parte del rumiante, el cual contribuye a reducir los problemas de cetosis e hígado graso (en rumiantes) e incrementar la producción de leche hasta un 7%.

Otro ejemplo son los suplementos vitamínicos de vitamina E, en forma de α -, β - y γ -tocoferol, que funcionan como un antioxidante ayudando a la estructura de los músculos y al sistema inmunitario en diversos rumiantes (Herrera *et al.*, 2018; Rodríguez-Guerrero *et al.*, 2018)



Figura 6. Biocolina® comercial obtenido de Agros

La producción de alimentos nutracéuticos puede representar una nueva estrategia para agregar un mayor valor a la ganadería de la región (Herrera *et al.*, 2018). Para ello la utilización de dietas mejoradas con algún suplemento en la alimentación pone en la vista la producción de nuevos productos de origen herbolario, como el mezquite que ha llamado la atención de los investigadores, pero ¿por qué el mezquite?

4.3 Mezquite (*Prosopis spp.*)

El mezquite (*Prosopis spp.*) es un arbusto de crecimiento rápido, resistente, que se distribuye en las zonas semiáridas de Asia, África, Australia y América. El género *Prosopis spp.* está compuesto por un grupo de árboles espinosos pertenecientes a la familia *Fabaceae* (Chaturverdi y Sahoo, 2013; Armijo *et al.*, 2019). Se considera como una especie nativa en 129 países de todo el mundo, destacando en las regiones cálidas, áridas y semiáridas del mundo, donde se distribuyen en forma de árboles bajos.

4.3.1 Características

El mezquite es un arbusto de un tamaño mediano que llega a medir aproximadamente 12 metros, incluso puede alcanzar longitudes de 20 metros. Tiene una amplia distribución existiendo alrededor de 44 especies de la familia *Prosopis spp.* donde 40 son nativos de América tres de Asia y uno de África (Bigne *et al.*, 2016).

Todas las especies de *Prosopis spp.* presentan una alta resistencia a las sequias, así como una gran fijación de nitrógeno en el suelo y suelen crecer en suelos alcalinos (pH 6.5 a 10.4) (Román, 2016).

Entre las partes que contiene la especie *Prosopis spp.* son:

1. Raíz; que puede alcanzar profundidades de 50 metros, extendiéndose hasta 15 metros del arbusto.
2. Tronco y ramas; el tronco es de una corteza dura y oscura mientras que las ramas tienen forma de copa esférica.
3. Hojas; son bipinnadas, de aproximadamente 12 y 15 pares de folios largos de 10 a 15 mm.
4. Flores; las flores son de color amarillo verdoso agrupadas en racimos en forma de espigas, estas flores llegan a medir de 4 a 10 mm.
5. Semillas; son de una forma oblonga de una coloración café claro llegando en algunas especies a café oscuro.

6. Vainas; son los frutos o legumbres, son alargadas con forma de espiral, en algunos casos con una longitud de 3 a 30 cm, esto puede variar según la especie, contienen alta cantidad en proteínas e hidratos de carbono. Está compuesta por tres partes, la capa externa, la capa media y la capa interna (Rodríguez *et al.*, 2014; Román 2016).

4.3.2 Tipos de mezquite en México

El mezquite desde tiempos precolombinos ha sido de suma importancia en las zonas áridas de México. Es considerado un denominador cultural entre los nómadas y pueblos primitivos del norte de México y el sur de Estados Unidos (Román, 2016).

Su distribución es de aproximadamente 3, 555,500 hectáreas del territorio mexicano, donde la mayor parte se encuentra en las zonas áridas y semiáridas, lo que compone alrededor del 60 % del territorio mexicano (Andrade *et al.*, 2011), por ejemplo, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas, Guanajuato y Querétaro. Además de estas zonas, el mezquite se distribuye en la vertiente del pacífico, abarcando desde Michoacán hasta Oaxaca; también se localiza en el Golfo (Nuevo León, Tamaulipas y el norte de Veracruz), principalmente en las regiones altas del centro del país, (Figura 7), (Rodríguez *et al.*, 2014).



Figura 7 Distribución del mezquite en México obtenido de Foresta Nativa, (2014).

En México las siguientes especies autóctonas son: *P. glandulosa*, *P. juliflora*, *P. velutina*, *P. pubescens*, *P. reptans*, *P. articulata*, *P. tamaulipana*, *P. palmeri* y *P. laevigata*. Entre las especies más importantes y comunes en México tenemos *P. laevigata* y *P. juliflora*, las cuales se mencionan a continuación:

4.3.2.1 *Prosopis laevigata*

Esta es una de las especies más comunes en nuestro territorio, como la mayoría del género *Prosopis ssp.* es un arbusto de aproximadamente 12 metros de altura con una corteza gruesa de color café-negruzco (Figura 8).



Figura 8. *P. Laevigata* obtenida de <https://www.inaturalist.org/taxa/167456-Prosopis-laevigata> 2021

Entre otras características de *P. Laevigata* son:

- Flores en espigas densas de 5 a 10 cm de largo con un color blanco-amarillentas.
- Legumbre linear, algo falcada, de 7 a 20 cm de largo por 8 a 15 mm de ancho, de color café-amarillento, a veces rojizo, algo constreñida entre las semillas comprimidas, 8 a 10 mm de largo y de color blanco-amarillento (figura 9) (Díaz *et al.* 2018).



Figura 9. Hojas y vainas del mezquite *P. laevigata* (Figura obtenida de Foresta Nativa)

De acuerdo con el sistema de clasificación de la CONAFOR (2009) y CONABIO (2004)

P. laevigata tiene el siguiente lugar dentro de la sistemática vegetal:

- Nombre común: Mezquite
- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Magnoliopsida (Dicotiledoneas)
- Subclase: Rosidae
- Orden: Fabales
- Familia: Fabaceae
- Género: *Prosopis*
- Nombre científico: *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst. Sinonimias: *Acacia laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.; *Algarobia dulcis* (Kunth) Benth; *Mimosa laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Poir; *Mimosa rotundata* Sessé & Moc; *Neltuma attenuata* Britton & Rose; *Neltuma laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Britton & Rose; *Neltuma, michoacana* Britton & Rose.

Sin embargo, en la mayoría de las regiones del país se le denomina solo “Mezquite”. Entre las partes más usadas son las vainas, las cuales contienen componentes químicos que son típicos de esta especie (apigenina, kaempferol y mezquitol); Díaz *et al.*, (2018), menciona que son similares a los de otras especies pertenecientes al género *Prosopis ssp.*, principalmente en la alta cantidad de proteínas, fibra y su baja cantidad de grasas totales, además de identificar al flavonoide apigenina, el cual es un componente activo importante con implicaciones saludables para los seres humanos. Por ello es usado para tratar dolores, como antiinflamatorio y para algunas infecciones bacterianas.

Asimismo, las vainas (Figura 10) también son utilizadas como fuente importante para la nutrición, sirviendo como un alimento tanto para humanos como para forrajearía, en esta última, su uso se realiza a través de la harina, generando una gran ayuda para los campesinos en tiempos de sequía (Rodríguez *et al.*, 2014).

Igualmente, Santos *et al.*, (2015), menciona que el uso de esta harina es una opción interesante para la alimentación de ovejas en épocas de sequía.

Por otra parte, también se utiliza para la producción de algunas bebidas a base de alcohol etílico, esto dado principalmente a su cantidad de taninos (5% a 9%). El uso de *P. laevigata* no solo se remonta en sus usos medicinales o nutricionales, sino también en su uso para la fabricación de muebles o como carbono y leña (Rodríguez *et al.*, 2014).



Figura 10. Vainas de *P. laevigata*, obtenida de iNaturalist 2021

4.3.22 *Prosopis juliflora*

Otra de las especies importantes recurrente en nuestro país es *P. juliflora*, es un arbusto que puede hacer frente a una amplia gama de fluctuaciones de temperatura desde -12 a 50°C, por lo que puede tolerar condiciones de sequía, en regiones donde las precipitaciones son inferiores a 500 mm (William y Jafri. 2015).

Es un arbusto de hojas duraderas que tiene un extenso sistema de raíces el cual puede alcanzar hasta 40 cm en tan solo ocho semanas, creciendo rápidamente después de la germinación. Se encuentra distribuido en casi todo el país, principalmente en lugares áridos desde Baja California, Chihuahua, Oaxaca, Tamaulipas y Veracruz (Andrade *et al.*, 2011).

Llega a medir de 2 a hasta 15 metros de altura; contiene un tronco corto y torcido, ramificado desde la base (figura 11), las ramas jóvenes contienen espinas, ramas terminales en zigzag, con espinas rectas pareadas, de 15 a 45 mm de largo y nodales. (CONABIO (S. f.))



Figura 11. *P. juliflora* obtenida de Lander Prosopis
<https://www.landerprosopis.com/history-of-prosopis-juliflora> 2021

Sus frutos son unas vainas fibrosas e indehiscentes, rectas, lineares, sub cilíndricas, con un largo de 11 a 21 cm con una anchura de 0.8 a 12 mm, sub moniliforme, de color amarilla-violácea, con estrías rojas longitudinales, articulaciones cuadradas, (Figura 12). Las semillas son aplanadas y rodeadas por una pulpa dulce, y café, sin endospermo, con un tamaño de entre 6 a 9 mm de largo con 4 a 6 mm de ancho y 2 a 4 mm de grosor. (CONABIO (S. f.)).



Figura 12. Vainas de *P. juliflora* Figura obtenida de obtenido de TRAMIL 2017

En un estudio fitoquímico donde se analizaron muestras de extractos de hojas, raíz, flor, tallo y vaina, se encontró que los componentes químicos de *P. juliflora*, son metabolitos secundarios como los alcaloides, el glucósido de flavona patulitrina, prosogerina D, procianidina, ácido elálgico, taninos, triterpenos, poliestirenos, compuestos fenólicos y flavonoides. La mayor cantidad de metabolitos secundarios se encontraron en los extractos de hojas; los compuestos fenólicos, así como los flavonoides son los que más están presentes en toda la plata (Sharifi *et al.*, 2019; CONABIO (S. f.)).

Los principales usos medicinales que se le dan en nuestro país son a través de las hojas, las flores y el tallo los cuales son utilizadas como analgésicos (dolor muscular), así como tónico corporal, expectorante, para tratar forúnculos, inflamación de los ojos, entre otros. Estos usos no son propios ya que en países como Pakistán se tienen usos parecidos, incluyendo el tratamiento para la tos (Sharifi *et al.*, 2019). Asimismo, el uso de las vainas resulta ser económicamente ventajoso para la reducción de costos de alimentación, lo que puede desempeñar un papel importante en la alimentación de ovejas y cabras bajo diversos sistemas de gestión (Sirohi *et al.*, 2017).

4.3.3. Usos del mezquite

Fuera del ámbito medicinal, el mezquite tiene usos principalmente por su madera, ya que es fuerte y durable para la fabricación de muebles y artesanías, también puede ser usada para la construcción de viviendas, producción de carbón vegetal y es excelente como leña (Figura 13).



Figura 13. Leña y muebles obtenidos del árbol de mezquite (Sánchez 2016).

Desde hace tiempo la población mexicana ha considerado el mezquite como un recurso natural y por ello se le ha dado diferentes usos, por ejemplo, en el consumo de la vaina fresca para la elaboración de alimentos con pinoles, harina, atoles o bebidas como la “añapa” (la cual se obtiene al mezclar las vainas con agua) o la bebida fermentada denominada “chichi” (obtenida de la fermentación de la mezcla de las vainas con agua) (Rodríguez *et al.*, 2014; Henciya *et al.*, 2017). Cuando la vaina se seca, es molida para obtener una harina, la cual se puede usar en la elaboración de pan dulce, galletas, atoles e incluso como un sustituto de café (Román, 2016; Reséndiz *et al.*, 2020; De la Cruz *et al.*, 2021).

Otros de los usos del mezquite se encuentran a través de su goma, la cual se utiliza como surfactante de emulsiones, estabilizante de aderezos y como microencapsulante de saborizantes y de aceites esenciales. Además, como se mencionó anteriormente, diferentes partes del mezquite posee compuestos fenólicos importantes (como apigenina, catequina, juliflorina, quercetina, kaempfenol y mezquitol) que dan una buena capacidad de eliminación de radicales libres (Reséndiz *et al.*, 2020). En algunas tribus indígenas de Estados Unidos se utilizaban las vainas de mezquite para la obtención de harina, la cual eran usadas en la elaboración de un producto semejante a las tortillas (Armijo *et al.*, 2019).

Por estas razones el mezquite es considerado un recurso natural importante debido a sus diversos usos como alimento tanto para el ganado (hojas y vainas), como para la alimentación humana.

4.3.4 Consumo de mezquite en rumiantes

El uso del mezquite para rumiantes en regiones de América así como en África e India se da principalmente a través de la vaina del mezquite, esto se debe a la gran cantidad de proteína (15 a 21%) y azúcares solubles (20%) que llegan a aumentar la aceptabilidad del producto y de la biomasa (cantidad de producto crudo) atribuibles a este producto. Por lo que es una de las principales razones de su uso como un suplemento alimenticio, para satisfacer la demanda de alimento por parte de los rumiantes en la época de sequías (Armijo *et al.*, 2019).

En el norte de México se ha demostrado que el uso de alimentos a base de las vainas del mezquite tiene una gran viabilidad para el ganado; su utilización por parte de los campesinos obtuvo importantes beneficios en la reducción de costes en la alimentación y proporciona una alimentación sana en épocas complejas de sequías (Armijo *et al.*, 2019).

4.3.5 Principales Metabolitos Secundarios en el Mezquite (propiedades farmacológicas)

El género *Prosopis spp.* presenta metabolitos primarios y secundarios; estos últimos, al igual que la mayoría de las plantas de varias especies, se producen como una forma de protección ante amenazas contra algunos patógenos, plagas o incluso algún cambio climático que afecte a la especie. Entre los principales componentes se encuentran los flavonoides, taninos, algunos compuestos fenólicos, terpenos y esteroides, encontrándose principalmente en las hojas, la corteza, las vainas e incluso en el polen (William y Jafri 2015).

Estos compuestos químicos proporcionan ciertos cambios fisiológicos en el cuerpo humano o animal, esto se debe a las propiedades farmacológicas de los mismos; como, por ejemplo, propiedades antimicrobianas, antiinflamatorias, antipalúdicas, entre otras, obteniendo así diferentes usos medicinales (Henciya *et al.*, 2017).

Los principales usos terapéuticos que tiene el mezquite son por parte de los compuestos mencionados anteriormente, por ejemplo, los alcaloides, son ampliamente usados como antiinflamatorios, antipiréticos, también tienen efectos antipalúdicos y antitumorales (Ruiz *et al.*, 2020). Los compuestos fenólicos proporcionan efectos antiinflamatorios, así como propiedades antitumorales, analgésicas, antiulcerosas, y actividad inmunoestimulante (Henciya *et al.*, 2017).

Los terpenos en el ámbito farmacológico se le incluyen efectos antibacterianos, antifúngicos y actividad antipalúdica, así como efecto insecticida.

Los taninos, los cuales se encuentra aproximadamente en un 9% del material leñoso, son utilizados principalmente en la alimentación del ganado y aunque tenga grandes beneficios farmacológicos (antimicrobiana y antiviral), se debe de considerar la toxicidad que estos puedan llegar a presentar debido a su alto contenido de nitrógeno (Ruiz *et al.*, 2020).

El uso de todas las partes del mezquite se implementó por diferentes pueblos indígenas, uno de estos remedios era el uso de los extractos de las hojas y de corteza obtenidos a través de infusiones a base de agua para tratar infecciones de la boca y garganta, e incluso algunas enfermedades internas provocadas por parásitos o enfermedades tóxicas producidas por hongos (Henciya *et al.*, 2017)

V. Materiales y Métodos

Se realizó una amplia búsqueda bibliográfica en las siguientes bases de datos: Google Scholar y PubMed, así como las proporcionadas por la biblioteca digital de la UAM (Science Direct, SciFinder, Elsevier, American Society for Microbiology) se utilizó las siguientes palabras clave; rumiantes, etnoveterinaria, *Prosopis leavigata*, *Prosopis glandulosa*, *Prosopis spp.* mezquite, nutraceutico y medicina herbal.

VI. Resultados

Durante la revisión bibliográfica se encontraron diversos estudios que mostraron los diferentes usos alimentarios y medicinales (previamente se habían mencionado durante el desarrollo del proyecto) que se atribuyen al mezquite. En la siguiente tabla (Tabla 2) se proporciona los estudios recopilados, con las observaciones dadas por los investigadores.

Tabla 2: Principales estudios encontrados del uso del *Prosopis spp.*

Tipo de estudio	Observaciones del estudio	Autores
<i>In vivo</i>	Se observó la calidad nutricional y las propiedades bioactivas de la harina de vaina de <i>P. pallida</i> , en su desempeño en la elaboración de pan, es directamente proporcional a la harina de mezquite empleada, teniendo una mayor cantidad de fibra total y ácidos grasos insaturados.	Gonzales-Barron <i>et al.</i> , 2020
<i>In vitro</i>	Se obtuvo que las harinas del mesocarpio y de las vainas contienen una gran cantidad de carbohidratos, fibra y azúcares solubles y una cantidad metabolitos secundarios útiles en su uso en deportistas.	Reséndiz <i>et al.</i> , 2020
<i>In vivo</i>	El uso del extracto de alcaloide piperidina, perteneciente al mezquite, como suplemento alimenticio proporciono un aumento de la masa muscular en los corderos.	Santos <i>et al.</i> , 2021
<i>In vitro</i>	El género <i>Prosopis</i> tiene diversos metabolitos secundarios (terpenos, compuestos fenólicos etc.), los cuales le promocionan una actividad antiinflamatoria y antibacterial, útil en la medicina tradicional de diferentes regiones de América, Asia y África	Sharifi, <i>et al.</i> , 2019
<i>In vitro</i>	El género <i>Prosopis</i> tiene efectos importantes en la medicina humana y veterinaria, efectos como antioxidantes, antiinflamatorios, anticancerígena y actividades antimicrobianas utilizados en la medicina herbal.	Henciya <i>et al.</i> , 2017
<i>In vitro</i>	Se observó que la harina de la vaina de mezquite (<i>Prosopis L.</i>), contienen una cantidad importante de proteínas, fibra y grasas, teniendo un potencial alimenticio.	Díaz <i>et. al.</i> 2018
<i>In vitro</i>	Se comprobó que las vainas de mezquite maduras e inmaduras, usadas como complemento en la alimentación del ganado caprino, son una buena alternativa alimentaria debido a su fuente de energía, carbohidratos y fibra, así como sus metabolitos secundarios beneficiosos en la digestión ruminal.	Armijo <i>et al.</i> , 2011
<i>In vivo</i>	La suplementación con vainas de mezquite tiene un efecto positivo sobre el desempeño productivo en pequeños rumiantes, mejorando ampliamente digestibilidad.	Hernández <i>et al.</i> , 2021
<i>In vivo</i>	Es la administración de un suplemento compuesto por la vaina de mezquite, se observó una mejora en la digestibilidad de los nutrientes, así como en el peso y rendimiento del animal, obteniendo mejores cortes comerciales en ovejas.	Coelho <i>et al.</i> , 2020
<i>In vivo</i>	El uso de la vaina de mezquite es apta para el consumo en humanos, debido a la gran cantidad de proteína y carbohidratos	Román H. 2016
<i>In vivo</i>	El uso en la dieta de <i>Prosopis Juliflora</i> , mostro efectos positivos en la digestión, por su proteína fácil de degradar, teniendo un enorme potencial en su uso como alimento en rumiantes.	Andrade <i>et al.</i> , 2011

La utilización del mezquite como medicinal herbal esta reportado por diferentes autores, donde se ha encontrado diferentes efectos farmacológicos (analgésico, antihelmíntico, antibiótico, antioxidante, antimicrobiano, etc.) los cuales se deben a los metabolitos secundarios encontrados en el género *Prosopis* (flavonoides, taninos, alcaloides, quinonas y compuestos fenólicos) demostrando tener eficiencia en la prevención y tratamiento tanto de los síntomas como de las enfermedades. Además, al presentar grandes cantidades de proteínas, fibra, azúcares y carbohidratos, puede apoyar su uso en rumiantes para el uso de ganaderos. Por otro lado, su uso también está en la construcción de viviendas y muebles por parte de los pobladores.

VII. Discusión

Durante la revisión bibliográfica se encontró que el mezquite tiene aplicaciones alimentarias, nutricionales y medicinales tanto en humanos y animales. Se observó que, para el uso alimenticio, la vaina es la principal parte utilizada del mezquite y esto se debe al enorme contenido nutricional. Gonzales *et al.*, (2020) y Reséndiz *et al.*, (2020), mencionan que las vainas contienen una gran cantidad de carbohidratos, fibra y azúcares solubles y una cantidad moderada de proteínas. En el estudio de Gonzales *et al.*, (2020) donde se comparaban panes de diferentes componentes, (harina de trigo y harina de vaina de mezquite *P. pallida*), se observó que los panes con harina de vaina de mezquite tenían mayor porcentaje de proteína (8.11% bs (base seca)), de fibra (3.40% bs) y de carbohidratos y disminuyó la cantidad de ácidos grasos (0.77% bs), esto debido a la cantidad de harina mezclada, ya que cada vez que se aumentaba la cantidad de harina de mezquite, disminuía la cantidad de grasas encontradas en el pan, debido tal vez a que las vainas de *P. pallida* contiene bajos niveles de grasas insaturadas y grandes cantidades de proteína y fibra cruda, lo que demuestra el enorme potencial del mezquite para usarse como nutraceutico.

La importancia de tener un alimento rico en nutrientes es primordial debido a que una dieta saludable es uno de los principales factores de promoción y mantenimiento de una buena salud. Mariño *et al.*, (2015) menciona que la dieta inadecuada en los humanos es uno de los principales factores de riesgo en el desarrollo de enfermedades no transmisibles (ENT), ya que al no tener los nutrientes necesarios se puede tener una descompensación de las funciones óptimas de los individuos, lo que propicia el desarrollo de este tipo de enfermedades; en algunos casos llega a provocar una extensión en la duración de enfermedades, lo que dificulta el tratamiento de estas (Balestrieri *et al.*, 2020).

El mezquite se utiliza no solo en las dietas para humanos sino también para rumiantes. Se ha demostrado que una dieta balanceada influye en el proceso de crecimiento del ganado, así como la producción de leche y productos derivados del mismo; su uso como suplemento alimenticio por parte de los ganaderos lleva tiempo practicándose en varias regiones no solo de México sino de varios países, por ejemplo, en Brasil, la vaina de mezquite comenzó a utilizarse década de 1940 (Santos *et al.*, 2021).

En un estudio *in vivo* realizado por Santos *et al.*, (2021) se observó que una dieta, donde se administró piperidina (compuesto extraído de las hoja y vainas del mezquite) en corderos hubo una ganancia en peso de 204.5 mg por día en los animales, además que no se presentó una reducción en la ingesta de alimento y ningún síntoma de toxicidad, lo que provocó una mejora metabólica de los animales.

En otro estudio mostrado por Hernández *et al.*, (2021) se observó que, en la inclusión de vainas de mezquite en las dietas de pequeños rumiantes, se obtuvo un efecto positivo en la digestibilidad y disminución de las cantidades de CH₄ (ya que este es uno de los problemas de contaminación en la producción animal). Esta reducción se asocia, con la mejora del consumo de materia seca (DMI) y digestibilidad en los animales suplementados. Indicando que hubo una relación positiva entre el nivel de incorporación de las vainas de mezquite y la respuesta de DMI, ganancia diaria de peso (ADG) y CH₄, teniendo un efecto positivo la suplementación con vainas de mezquite.

También, durante el proceso de investigación, se pudo observar que el género *Prosopis* se ha usado como medicina herbal, tanto en humanos como en animales, por parte de muchos pueblos, ya que contiene propiedades farmacológicas debido a moléculas como flavonoides, taninos, alcaloides, quinonas y compuestos fenólicos; las cuales tienen funciones farmacológicas tales como analgésicos, antihelmíntico, antibiótico, antiemético, antioxidante microbiano, antipalúdico, antiprotozoarios, actividades antipústulas y antiulcerosas (Ansley *et al.*, 2021). Las especies más estudiadas que se encuentran en México son *P. glandulosa*, *P. juliflora*, y *P. laevigata*, donde se han encontrado algunas moléculas, mostradas en la tabla 3, donde se puede apreciar que comparten ciertas características fisicoquímicas y moléculas

En la tabla 3 se puede observar que en el caso de los estudios bromatológicos tanto Andrade *et al.*, (2011); Díaz *et al.*, (2018) y Sharifi *et al.*, (2019) mencionan que *P. glandulosa*, *P. laevigata* y *P. juliflora* se tiene una importante cantidad de proteínas, fibra y grasas; también se puede notar que estas especies contienen algunas moléculas similares como la apigenina, catequina, juliflorina, quercetina, kaempferol y mezquinol (Figura 14), las cuales son moléculas insignia del género y tienen excelentes efectos antioxidantes.

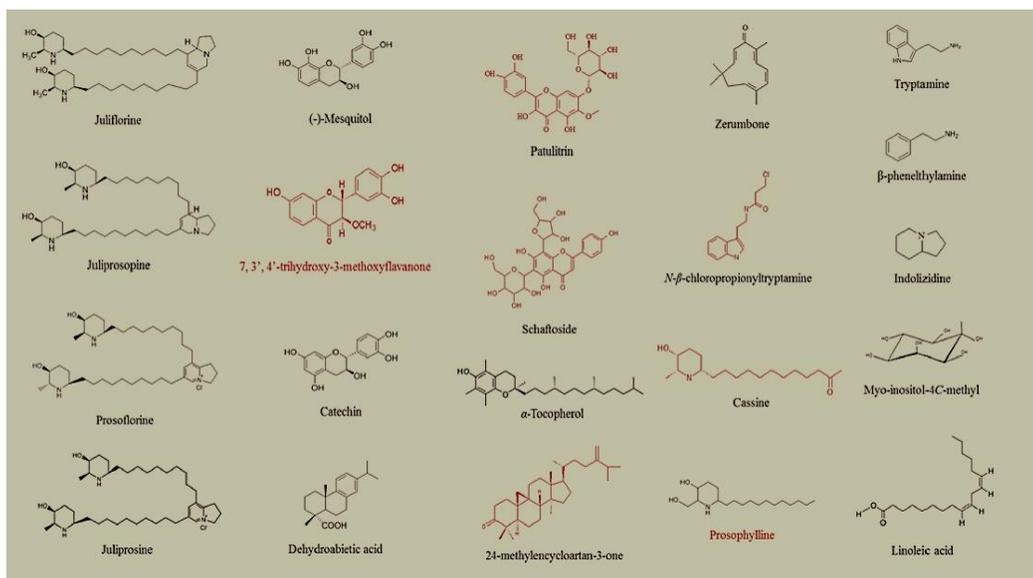


Figura 14. Estructuras químicas y fitoquímicas de uso medicinal presente en el género *Prosopis*.

Por otro lado, Caballero y González (2016) mencionan que la importancia de estas moléculas se da por sus propiedades antitumorales (debido a la inhibición la actividad mutagénica y activación de procesos detoxificantes), antiulcerosas, y actividad inmunoestimulante.

Tabla 3: Características químicas, físicas y bromatológicas de *P. glandulosa*, *P. juliflora*, y *P. laevigata*

Especies	Actividad Biológica	Habitad	Estudios fotoquímicos	Estudios Bromatológicos	Referencias
<i>Prosopis Juliflora</i>	Actividad antiinflamatoria y antibacterial	Principalmente en Guayaquil, Ecuador y regiones de Norteamérica	40-O-metilgalocatequina (+) - catequinas (-) - mesquitol Apigenina Luteolina Apigenina-6,8-di-C-glucósido Crisoeriol 7-O-glucósido Luteolina 7-O-glucósido Kaempferol 3-O-metil éter Quercetin 3-O-metil éter Isoharmentin 3-O-glucósido Isoharmentin 3-O-rutinoside Quercitina 3-O-rutinósido Quercitina 3-O-diglicósido	Proteína Grasa Fibra bruta	(Sharifi-Rad J. et., al 2019)
<i>Prosopis Glandulosa</i>	Actividad antiplasmodial y antimicrobial.	Nuevo León, México	Ácido gálico (8,203 mg / g) Ácido hidroxibenzoico (1.797 mg / g) Pirocatecol (5,538 mg / g) Ácido caeico (0,295 mg / g) Ácido ferúlico (0,466 mg / g) Quercetina (0,045 mg / g)	Proteína Grasa Fibra bruta	(Sharifi-Rad J. et., al 2019)
<i>Prosopis Laevigata</i>	Antibacterial, antifúngica	Ampliamente distribuida en Aridoamérica	Ácido gálico (8-25 mg / 100 g) Ácido cumarico (335-635 mg / 100 g) Catequina (162,5 mg / 100 g) Galocatequina (340 a 648 mg / 100 g) Galato de epicatequina (10 a 71 mg / 100 g) Rutina (222,4-256,1 mg / 100 g) Morin (236,5 mg / 100 g) Naringenina (20 mg / 100 g) Luteolina (13 mg / 100g)	Proteína Grasa Fibra bruta	(Díaz L. et al., 2018; Sharifi-Rad J. et al., 2019)

Por otra parte, (Reséndiz *et al.*, 2020) afirma que teniendo una buena alimentación a base de mezquite se tiene una alternativa para la obtención y producción de moléculas beneficiosas en la medicina humana y animal (rumiantes).

Coelho *et al.*, 2020 observó que al implementar una dieta a base de vainas de mezquite se incrementaron los niveles de producción de carne, reduciendo los costes de producción; teniendo una mejora notable en las características organolépticas de la carne, aunque el color no estuvo influenciado por la dieta a través de la adición de las vainas del mezquite, pero las demás características sí.

De esta manera, se puede observar que el mezquite contiene los nutrientes necesarios para su uso tanto en humanos como en rumiantes; además contiene metabolitos secundarios que benefician al consumidor. Es por ello que actualmente las vainas del mezquite están siendo tomadas en cuenta, por parte de los investigadores para ser utilizadas como nutracéuticos, ya que proporcionan un efecto nutricional y medicinal al consumidor.

VIII. Conclusiones

Mediante la revisión bibliográfica realizada durante este proyecto, se observó que el mezquite tiene diferentes usos, destacando los alimenticios y medicinales (tanto para ganado como para el consumo humano).

La utilización del mezquite por parte de los ganaderos resulta importante debido a la alta calidad de sus nutrientes (proteínas, azúcares, grasas y fibra) y la variedad de metabolitos secundarios que en conjunto lo convierten en una excelente alternativa para administrarse como suplemento o aditivo.

De la misma manera, la harina de la vaina del mezquite es una buena candidata para ser administrada como un nutracéutico en la alimentación de rumiantes y humanos.

IX. Referencias Bibliográficas

- Alonso A., Juárez M. C., Y Campos N. (2015). Medicinal Plants From Mexico, Central America, and the Caribbean Used as Immunostimulants. Hindawi Publishing Corporation Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine. 1-15, ID 4017676.
- Alvarado A., García F., Cardador A., Y Magallán F. (2020). *Clinopodium Mexicanum*: Potential and Difficulties for the Sustainable Use of A Mexican Medicinal Plant, Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 19 (2): 149-160.
- Andrade H. M., Cordova A.V., García T., Kawas J.R. (2011) Alternative Foods for Small Ruminants in Semiarid Zones, the Case of Mesquite (*Prosopis Laevigata Spp.*) and Nopal (*Opuntia Spp.*). ELSEVIER Small Ruminant Research, 98(1), 83–92.
- Ansley R., Steffens T., Cooper-Norris C., Zhang T. (2021). Herbaceous Production and Soil Nitrogen after Mesquite Mortality in Southern Great Plains (US) Grassland, Rangeland Ecology & Management, 77(1), 82-92.
- Armijo M., Moreno A., Blanco E., Borroel V. & Reyes J (2019). Vaina de Mezquite (*Prosopis Spp.*) Alimento para el Ganado Caprino en el Semidesierto. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 10(1), 113-122.
- Ávila M., García S., Sepúlveda A., Godínez M. (2016). Plantas Medicinales en dos Poblados del Municipio de San Martín de las Pirámides, Estado de México, Polibotanica, 42. (11), 215-245.
- Bae J., Kim D., Lee W., Kim H., Son C. (2015). Characterizing the human equivalent dose of herbal medicines in animal toxicity studies, Journal of Ethnopharmacology, 162 (1), 1-6
- Balestrieri P., Ribolsi M., Guarino M., Emerenziani, S., Altomare A. Y Cicala M. (2020). Nutritional Aspects In Inflammatory Bowel Diseases. Nutrients 2020, 12(372), 1-11.
- Bigne F., Puppo M. Y Ferrero C. (2016). Fibre Enrichment Of Wheat Flour With Mesquite (*Prosopis Spp.*): Effecton Breadmaking Performance And Staling. LWT - Food Science and Technology 65 (2016) 1008-1016.

- Bottoni M., Milani F., Colombo L., Nallio K., Colombo P., Giuliani C., Bruschi P y Fico G. (2020). Using Medicinal Plants in Valmalenco (Italian Alps): From Tradition to Scientific Approaches. *Molecules*. 4144(25), 1-27.
- Carrete F., de La Cruz J., Briones C. (2019). Propiedades Nutraceuticas de la Carne de Bovinos. Engomix. Obtenido El 12 de Julio del 2021 de <https://www.Engomix.Com/Ganaderia-Carne/Articulos/Gt2018-Propiedades-Nutraceuticas-Carne-T43189.Htm>
- Chaturvedi O. Y Sahoo A. (2013). Nutrient Utilization and Rumen Metabolism In Sheep Fed Prosopis Juliflora Pods and Cenchrus Grass. *Sahoo Springerplus*, 598 (2) 17.
- Chávez M., White L., Moctezuma S., Herrera T. (2017). Prácticas Curativas y Plantas Medicinales: Un Acercamiento a la Etnomedicina de San Nicolás, México *Cuadernos Geográficos* 56(2), 26-47.
- Chung V., Won., Zhog C., Tijoe Y., Leung T. y Griffiths S. (2021) Traditional and Complementary Medicine for Promoting Healty Ageing in WHO Western Pacific Region: Policy Implications from UtilizationPatters an Corrent Evidence Integrative. *Medicine Resarch* Mar 10(1).
- Coelho E.R., Cunha M.V., Santos F., Férrer J.P., Silva C., Torres T.R., Silva D., P.S. Azevedo, Naumann H.D., Queiroz D, Silva A.H. y Souza E.J., (2020). Phytogetic additive to improve nutrient digestibility, carcass traits and meat quality in sheep finished on rangeland, *Livestock Science*, 241.
- CONABIO (S.F.). *Prodromus Systematis Naturalis Regni Vegetabilis* 2: 447. 182, Recuperado el 3 de Enero del 2021 de: http://www.Conabio.Gob.Mx/Conocimiento/Info_Especies/Arboles/Doctos/46-Legum44m.Pdf
- CONAFOR. (2009). Técnicas para el Establecimiento y Producción de Chiltepín Silvestre, Bajo un Sistema Agroforestal en Sonora, México. Disponible en: <http://www.Conafor.Gob.Mx>.
- Corell-Doménech, Mavi. (2019). Terapeutas Alternativos en México y La Estrategia de la OMS Sobre Medicina Tradicional 2014-2023: Comunicación, Creencias Y Factores Socio-Económicos. *Perspectivas de La Comunicación*, 12(1), 59- 77.

- Cruz C. Y Díaz M. (2017). Use of Traditional Herbal Medicine As An Alternative in Dental Treatment in Mexican Dentistry: A Review, *Myung Sook Oh Pharm Biol*, 55(1): 1992–1998.
- De La Cruz S., Salgado L y García M. (2021). Valoración del Consumidor de Galletas Elaboradas con Harina de Mezquite (*Prosopis* Spp.). *ITEA-Información Técnica Económica Agraria* 117(3): 278-294.
- Díaz L., Hernández J., Gutiérrez R., Téllez A., Castro J., Pérez R. and Gómez C. (2018). Nutritional Characterization of *Prosopis Laevigata* Legume Tree (Mesquite) Seed Flour and the Effect of Extrusion Cooking on Its Bioactive Components. *Food (Basel, Switzerland)*, 7(8), 124
- Galiano Guerra G., Figueredo Torres R., Castillo Remón L., & Jiménez Dávila A. (2018). Sitio Web “Metabolitos Secundarios y su Importancia Biomédica”.
- Gallaher T. y Merlin M. (2010). Biology and Impacts Of Pacific Island Invasive. Species, *Prosopis Pallida* and *Prosopis Juliflora* (Algarroba, Mesquite, Kiawe) (Fabaceae). *Pacific Science*. 64(4), 489–526.
- Gallegos Zurita, Maritza, & Gallegos-Z, Diana. (2017). Medicinal Plants Used for Treatment of Skin Diseases in Rural Communities in Los Ríos Province, Ecuador. *Anuales De La Facultad De Medicina*, 78(3), 315-321.
- García J., Durán H., Nova J., Álvarez G. Pinos J., Lee H., López S., Ruiz D, Rendón J., Vicente J., Salinas M. (2019). Producción y Contenido Nutricional de Vainas de Tres Variantes de Mezquite (*Prosopis Laevigata*) en el Altiplano Potosino, México. *Agrociencia*, 53(6), 821-833.
- García-Silvera, E. (2018). Nutracéuticos Una Opción Para La Salud en el Siglo XXI. *Conecta Libertad*, 1(2): 1-10.
- Geck M, Cristians S, Berger M., Casu L., Heinrich M. Y Leonti M (2020). Traditional Herbal Medicine In Mesoamerica: Toward Itsm Evidence Base for Improving Universal Health Coverage. *Front. Pharmacol.* 1160 (11), 1-49.
- Gonzales U., Dijkshoorn R., Maloncy M., Finimundy T., Carocho M., Ferreira I., Barros L., Cadavez V. (2020) Nutritional quality and staling of wheat bread partially replaced with Peruvian mesquite (*Prosopis pallida*) flour. *Food Research International*, 137(1), 1-8.

- Gonzales-Barron U., Dijkshoorn R., Maloncy M., Finimundy T., Calhelha R. C., Pereira C., Stojković D., Soković M., Ferreira, I., Barros, L., y Cadavez, V. (2020). Nutritive and Bioactive Properties of Mesquite (*Prosopis Pallida*) Flour and Its Technological Performance in Breadmaking. *Foods (Basel, Switzerland)*, 9(5), 597.
- González F., y Bravo L. (2017). Estudio Botánico y Farmacéutico de Productos con Aplicación en Cosmética y Cuidado de la Piel. *Ars Pharmaceutica*, 58(4), 175-191.
- González R y Cardentey J. (2016) Herbal Medicine As A Therapy In A Doctor's Office. *Rev Ciencias Médicas.*; 20(2):182-187.
- Grupo de Educación Nutricional y de Sensibilización del Consumidor de la FAO (2011). La Importancia De La Nutrición. Roma, 1-16.
- Gutiérrez O. (2015). Ruminant Digestive Physiology as Research Subject at the Instituto de Ciencia Animal for Fifty Years. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 2(49) 179-188.
- Han J. y Qiao H. (2021). Traditional herbal medicine and nanomedicine: Converging disciplines to improve therapeutic efficacy and human health. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 178(1), 1-32.
- Henciya S., Seturaman P., Rathinam A., Tsai Y., Nikam R., Yang-Chang Wu, D.Ahms H., Fang Rong Chang (2017). Biopharmaceutical Potentials of *Prosopis Spp.* (*Mimosaceae, Leguminosa*). *Journal of Food and Drug Analysis*, 25 (1) 187- 196.
- Hernandez J., Valencia-Salazar S., Benaouda M., Ku-Vera J., Paz-Muñoz E., Muñoz-Benitez A., Téllez J. y Kebreab E. (2021). 82 Effect of feeding Mesquite (*Prosopis spp.*) pods on productive performance and methane emissions in small ruminants: a systematic review and meta-analysis, *Animal - science proceedings*, 12(1) 61.
- Illamola S., Amaeze O, Krepkova L, Birnbaum A., Karanam A., Kathleen M, Bortnikova V., Sherwin C. y Enioutina E. (2020). Use of Herbal Medicine by Pregnant Women: What Physicians Need to Know. *Front Pharmacol*; 10: 1483.
- iNaturalist (2021). Mezquite blanco. *iNaturalist*. Obtenido el 12 de enero del 2021 de <https://www.inaturalist.org/taxa/167456-Prosopis-laevigata>
- INECC (2017) Mezquite: Descripción de la planta, SEMARNAT, obtenida el 6 enero 2022 de <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/72/descrip.html>

- Jacobo N., Jacobo F., Zentella A., Andrade-Cetto A., Heinrich M., Pérez C. (2016). Medicinal plants used in Mexican traditional medicine for the treatment of colorectal cancer, *Journal of Ethnopharmacology*, 179(1), 391-402.
- Jiménez Á, (2017) .Medicina Tradicional, Bolentin CONAMED-OPS Órgano De Difusión del Centro Colaborador en Materia De Calidad y Seguridad del Paciente, México, 13, 31-34.
- Jiménez, P., Hernández, M., Espinosa, G., Mendoza, G. y Torrijos, M. (2015). Los Saberes en Medicina Tradicional y su Contribución al Desarrollo Rural: Estudio de Caso Región Totonaca, Veracruz,8 (6), 1791-1805.
- Lander prosopis (2021). *Prosopis Juliflora. Lander prosopis*. Obtenido el 12 de enero 2021 de <https://www.landerprosopis.com/history-of-prosopis-juliflora>
- Lima Y., Guzmán V., López Y., y Satchwell R. (2019). La medicina tradicional herbolaria en los sistemas de salud convencionales. Centro para el Desarrollo de las Ciencias Sociales y Humanísticas en Salud 19(1) 201-217.
- Mariño, A., Núñez, M., Gámez, (2015). Alimentación Saludable. Centro de Rehabilitación Integral CEDESA. La Habana, Cuba. 1-13.
- Martínez A., Pérez M., Pérez M., Carrión D. y Gómez G. (2012). Adición de aceites vegetales a la dieta de cabras lecheras: efecto sobre la digestibilidad y los resultados productivos. *Archivos de medicina veterinaria*, 44(1), 21-28.
- Martínez G., Martínez L., Rodríguez M.A., Jiménez J., Lopera J., Vargas N., Rojas S., Perilla N., Marín J., y Uribe A. (2015). Prevalencia y Características del Consumo de Nutracéuticos en Estudiantes Universitarios de Pregrado, Medellín-Colombia, *Investigaciones Andina*, 31(17), 1343-1353.
- Meléndez Sosa, M. F., García Barrales, AM., y Ventura García, N. A. (2020). Perspectivas e Impacto en la Salud del Consumo de Los Alimentos Funcionales y Nutracéuticos en México. *RD-ICUAP*, 6(16), 114-136.
- Mesquita, U., y Tavares C. (2018). Etnobotánica de Plantas Medicinales en la Comunidad de Caruarú, Isla del Mosqueiro, Belém-PA, Brasil. *Boletín Latinoamericano y Del Caribe De Plantas Medicinales y Aromáticas*, 17(2), 130-159.
- Molina Y. (2021). Estudio Etnobotánico y Etnofarmacológico de Plantas Medicinales de Tambopata, Madre de Dios, Perú. *Ciencia y Desarrollo* 24(1), 1-20.

- Monzón J. y Goretta J. (2019). Alimentos Nutraceuticos, el Futuro de la Ganadería del NEA. Ganados y Carnes. Obtenido El 12 de Junio del 2021 de <https://Ganadosycarnes.Com/Alimentos-Nutraceuticos-El-Futuro-De-La-Ganaderia-Del-Nea/>
- Moreno F., Narváez F. y González (2020). Plantas medicinales para el alivio del dolor. *Ciencia* 71(2) 44-51.
- Nsibirwa S., Anguzu, G., Kamukama, S., Ocama, P., y Nankya-Mutyoba, J. (2020). Herbal Medicine Use Among Patients With Viral and Non-Viral Hepatitis in Uganda: Prevalence, Patterns and Related Factors. *BMC Complementary Medicine And Therapies*, 20(1), 169.
- Olivero B.; Ferini-Strambi, L.; Giacomoni, E.; Pellegrino, P. (2021). Herbal Remedies and Their Possible Effect on the Gabaergic System and Sleep. *Nutrients*. 530(13), 1-13.
- Oyebode O., Kandala N., Chilton P. y Lilford R, (2016). Use of Traditional Medicine in Middle-Income Countries: A WHO-SAGE Study, *Health Policy and Planning*, 31(8) 984– 991.
- Pérez A., Castelleros E. y Pérez G. (2019). Control de Calidad de Plantas Medicinales y su Legislación Sanitaria en México. *Tequio* 2(6), 5-16.
- Pérez H. (2006). Nutraceuticos: Componente Emergente Para El Beneficio de la Salud. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. Vol. XL, 3, 20-28
- Ramírez M. (2016). Extracción y Caracterización de Metabolitos Secundarios A Partir de *Bacillus Thuringiensis*. [Tesis Para Obtener El Grado de Maestría en Ciencias Químicas en el Área de Química Orgánica]. Benemérita Universidad Autónoma De Puebla, Mexico.
- Ramirez R. (2017). *Principio de Nutrición de Rumiantes*. Palibrio, Nuevo León, México, 1- 186.
- Relling A. y Mattioli G. (2003). Fisiología Digestiva y Metabolica de los Rumiantes. Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLP. 1-33.
- Renzo L., Gualtieri P., Romano L., Marrone G., Noce A., Pujia A., Perrone M., Aiello V., Colica C. y Lorenzo A. (2019). Role of Personalized Nutrition in Chronic Degenerative Diseases. *Nutrients*. 1707(11), 1-24.

- Reséndiz Trejo, J., Ramírez-Moreno, E., Ariza-Ortega, J. A., y Ortiz-Polo, A. (2020). El Mezquite Como Ayuda Ergogénica para Atletas de Alto Rendimiento en Deportes Intermitentes. Revisión Sistemática. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo*, 9(17), 116-124.
- Rodríguez E.; Rojo G.; Ramírez B., Martínez R.; Cong M., Medina S. y Piña H. (2014). Análisis Técnico del Árbol del Mezquite (*Prosopis Laevigata* Humb. & Bonpl. Ex Willd.) en México Ra Ximhai, Universidad Autónoma Indígena de México, El Fuerte, México, 10(3), 173-193.
- Rodriguez-Guerrero, V., Lizarazo, A. C., Ferraro, S., Miranda, L. A., Mendoza, G. D., & Suárez, N. (2018). Effect of herbal choline and rumen-protected methionine on lamb performance and blood metabolites. *South African Journal of Animal Science*, 48(3), 427-434.
- Rojas S, Lopera JS, Uribe A, Correa S, Perilla N y Marín J. (2015). Consumo de Nutracéuticos, una Alternativa en la Prevención de las Enfermedades Crónicas no Transmisibles. *Revista Biosalud*; 14(2): 91-103.
- Rojas S., Lopera J., Uribe A., Correa S., Perilla N. y Marín S. (2015). Consumo de Nutracéuticos, una Alternativa en la Prevención de las Enfermedades Crónicas no Transmisibles. *Revista Biosalud*; 14(2), 91-103.
- Román H. (2016). Bromatología de la Vaina de Mezquite (*Prosopis Sp*) Como Alternativa Sustentable en la Comarca Lagotear. [Tesis para Otorgar el Grado de Ingeniería Agrónoma] Universidad Agraria Antonio Narro. Coahuila México.
- Ruiz J., Hernández J., Hernández J., Mendoza J., Abraham M., Isiordia P. y Mireles A, (2020). Mesquite (*Prosopis Spp.*) Tree As a Feed Resource for Animal Growth. *Agroforest Syst. Springer Nature B.V.* 94(4), 1139-1149.
- Salgado Beltran, L. (2021). Consumo de Harinas: Valoración del Consumidor de Galletas Elaboradas con Harina del Mezquite (*Prosopis Spp*). *ITEA-Journal*, 278. 3117.
- Salinas S., Vásquez A., Romero F., y Manzanero G. I. (2017). Medicina Veterinaria Tradicional para Caprinos y Ovinos en Coixtlahuaca, Oaxaca, México. *Actas Iberoamericanas en Conservación Animal AICA*, 10, 277-281.

- Sánchez R. (2016). Aprovechamiento del Mezquite: una Alternativa de Desarrollo Sustentable. En Rodríguez R. y Cruz B (Eds). *Análisis de Potencialidades y Estrategias de Desarrollo Rural con Perspectiva Sustentable en Benjamín Hill, Sonora* (53-64). México: LT Hermosillo.
- Sandoval V., Cu T., Peraza G. y Acereto P. (2016). Introducción en los Procesos de Encapsulación de Moléculas Nutraceuticas. En M.E. Ramírez Ortiz (Ed.). *Alimentos Funcionales de Hoy*. Barcelona, España: Omniascience.181-218.
- Santos J., Pereira M., Pereira T., Silva H., Santos O., Carvalho G, Almeida J., Silva R., Ribas K. (2021). Supplementation with mesquite alkaloids extract in diets for lambs fed Bermuda grass improves growth performance, *Small Ruminant Research*, 205(1).
- Sepúlveda-Vázquez J., Torres J., Sandoval C., Martínez F. y Chan-Pérez J. (2018). La Importancia de los Metabolitos Secundarios En el Control de Nematodos Gastrointestinales en Ovinos con Énfasis en Yucatán, México. *Journal of the Selva Andina Animal Science.*, 5(2):79-95.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (2017). Rumiantes: Los que sí Clasifican. Gobierno de México, Obtenido El 10 de Junio del 2021 de <https://www.gob.mx/siap/articulos/rumiantes-los-que-si-clasifican>.
- Sharifi J. , Kobarfard F., Ata A., Abdulmajid S., Khosravi- N., Kumar A., Tomas M., Capanoglu E. , Matthews K., Popovi´C- J, Kosti´C A., Kamiloglu S., Sharopov F., Iqbal M. y Martins N. (2019). *Prosopis* Plant Chemical Composition and Pharmacological Attributes: Targeting Clinical Studies from Preclinical Evidence. *Biomolecules*. 9, 777.
- Sirohi A., Mathur B., Misra A. y Tewari J. (2017). Effect of Feeding Crushed and Entire Dried *Prosopis Juliflora* Pods on Feed Intake, Growth and Reproductive Performance of arid Goats. *Indian Journal of Animal Sciences*, 87(2): 238–24.
- Taylor-Baer M y Herman D. (2018). From Epidemiology to Epigenetics: Evidence for the Importance of Nutrition to Optimal Health Development Across the Life Course. in: Halfon N., Forrest C., Lerner R., Faustman E. (Eds) *Handbook of Life Course Health Development*. Springer.

- Toledo K., Abreu R. y Concepción J. (2021). Plantas Medicinales. Jornada Científica de Farmacología y Salud,1, 1-21.
- TRAMIL 2017. Prosopis Juliflora, *TRAMIL*, obtenido el 12 de enero del 2021 de <http://www.tramil.net/es/plant/prosopis-juliflora>
- Ugeskr L., Sissel K., Agnete L., Matte F., Niels U. y Pinar B. (2017). Brugen af Narurlægemedier og Kossttilskud i Den Generelle Befolkning og Blandt Gravide. Gynækologisk-Obstetrisk Afdeling. Aarhus Universitetshospital Ugeskr Læger. Sidetal 2-6.
- Vélez M.; Campos R. y Sánchez H (2014). Uso de Metabolitos Secundarios de las Plantas para Reducir la Metanogénesis. *Ruminal Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17(3), 489-499.
- Veluswamy S., Babu A. y Sundar L. (2017). Complementary Role of Herbal Medicine and Exercise in Cardiovascular Disease Prevention and Management. A Review of Evidence. *Curent Pharmaceutical Desing*. 23(8) 1253-1264.
- Vera L., Villarreal D., Wesche P., Toxqui L. y Ortega A. (2019). El Papel de la Nutrigenómica y los Nutracéuticos en la Prevención de las Enfermedades Cardiovasculares; Revisión de la Literatura. *Revista Cubana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular*, 25(3): 1-28.
- Villarreal-Ibarra E., Espinoza L., López P., García-López E., López D., Ortiz-García, C. y Cárdenas, M. (2015). Evaluación Etnofarmacológica de Plantas con Propiedades Hipoglucémicas Usadas en la Medicina Tradicional del Sureste de México. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 14(2), 99-112.
- Wei Liu, Tongtong Ge, Zhenxiang Pan, Yashu Leng, Jiayin Lv y Bingjin Li. (2017). The Effects of Herbal Medicine on Epilepsy. *Oncotarget*. 8(29): 48385–48397.
- William, K., y Jafri, L. (2015). Mesquite (Prosopis Juliflora): Livestock Grazing, Its Toxicity and Management, *Journal of Bioresource Management*, 2 (2).
- Yin M. J. (2019). Effect of traditional Chinese medicine compounds on rumen fermentation, methanogenesis and microbial flora *in vitro*. *Animal nutrition (Zhongguo xu mu shou yi xue hui)*, 5(2), 185–190.

Zhang J., Hu K., Di L., Wang P., Liu Z., Zhang J., Yue P., Song W., Zhang J., Chen T., Wang Z., Zhang Y., Wang X., Zhan C., Cheng Y., Li X., Li Q., Fan J., Shen Y., Han J. y Qiao H. (2021) Traditional herbal medicine and nanomedicine: Converging disciplines to improve therapeutic efficacy and human health. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 178(1), 1-32.