



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales



Caracterización fitoquímica y análisis bromatológico de *Lophocereus marginatus* D.C

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

Licenciada en

PRODUCCIÓN AGROPECUARIA SUSTENTABLE

Presenta

Andrea Morales Erreguin

Querétaro, Qro. a noviembre de 2023.



Dirección General de Bibliotecas y Servicios Digitales
de Información



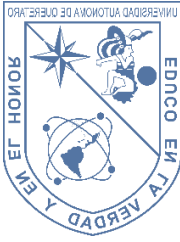
CARACTERIZACIÓN FITOQUÍMICA Y ANÁLISIS
BROMATOLÓGICO DE *Lophocereus marginatus* D.C

por

Andrea Morales Erreguin

se distribuye bajo una [Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0
Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

Clave RI: CNLIC-212746



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales

Licenciatura en Producción Agropecuaria Sustentable

Caracterización fitoquímica y análisis bromatológico de *Lophocereus marginatus* D.C

Tesis Individual

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Licenciada en Producción Agropecuaria Sustentable

Presenta

Andrea Morales Erreguin

Dirigido por:

Director Dr. Octavio Roldan Padrón

Codirector Mtro. Iván Gómez Sánchez

M. en C. Ángel Félix Vargas Madriz

Dr. José Guadalupe Gómez Soto

Dr. Juan Carlos Silva Jarquín

Centro Universitario, Querétaro, Qro.

Fecha de aprobación por el Consejo Universitario (diciembre, 2023) México.

Dedicatorias

A Dios, por ser el inspirador de tan gratificante proyecto para mi padre.

A mi padre, porque este proyecto es gracias a él.

A mi madre y hermanos, por ser mi pilar más fuerte y siempre impulsarme a seguir adelante.

A mi familia y amigos por brindarme su apoyo en cada momento de la carrera y en este proceso del proyecto.

Agradecimientos

A Dios.

A mí amiga Jenni por estar en cada proceso de este proyecto, sin duda fue mi luz en momentos de oscuridad.

A mis amigos Rick, Andy, Jeny Kay, por su apoyo incondicional en este proyecto.

A la Universidad Autónoma de Querétaro por brindarme la oportunidad de formarme como profesional dentro de sus instalaciones.

Al Dr. Octavio, Dra. Marce, al Mtro. Iván y al Dr. Juan Carlos, por guiarme durante el proceso y motivarme a seguir adelante.

Al Mtro. Ángel Félix Vargas, por todo el tiempo, apoyo y paciencia invaluable en la duración del trabajo de investigación en el laboratorio.

Al Mtro. Josué López y a todo el equipo del laboratorio de biología celular, por su compañerismo y gran apoyo durante mi tiempo con ellos.

A Aurora, Teresita, Christian por el apoyo, paciencia y facilidades para la realización de los análisis en el Laboratorio de Nutrición Animal, sin duda aprendí mucho con ustedes.

Resumen

Debido a la alta demanda de alimentos, es necesario identificar alternativas viables que incrementen la eficiencia productiva en los suministros y que al mismo tiempo cubren aspectos ambientales, técnicos y económicos. La producción pecuaria es una de las actividades indispensables para la sociedad. Uno de los desafíos más importante al que se enfrenta la producción pecuaria es a los altos costos de alimentación los cuales representan hasta un 70%, es por ello que se buscan alternativas en la nutrición animal. El órgano *Lophocereus marginatus* (D.C) es un cactus que puede crecer en zonas áridas y semiáridas de México. El objetivo es obtener el perfil fitoquímico del órgano, así como un Análisis Químico Proximal (AQP) con la finalidad de utilizarlo en la dieta de engorda para ovinos. El perfil fitoquímico se determinó por pruebas colorimétricas de las cuales se obtuvo actividad antioxidante, fenoles totales, flavonoides totales, taninos condensados, capacidad antioxidante, capacidad reductora férrica y HPLC-DAD. Para el AQP se realizó determinación de humedad, cenizas, proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y energía. Los resultados del perfil fitoquímico indican la presencia de algunos metabolitos secundarios como taninos y flavonoides, así como, valores de AQP, en concentraciones similares a valores de concentraciones en otras plantas como el nopal utilizadas como forraje en dietas de engorda animal, los metabolitos secundarios identificados se asocian a la ganancia de peso y pueden favorecer la presencia de microbiota relacionada a la degradación y absorción de nutrientes en el tracto digestivo.

PALABRAS CLAVE: Ovinos, *L. marginatus*, compuestos fenólicos, capacidades antioxidantes.

Índice	
Resumen	5
Índice Figuras	8
Índice Tablas	8
Índice Gráficas	8
Introducción	9
Antecedentes	11
Seguridad alimentaria	11
Ovinocultura en México	11
Sistemas de producción ovina	12
Sistemas de producción ovina en Querétaro.	13
Sistemas de producción ovina	13
Etapas de finalización de ovinos en sistema intensivo.	14
Alimentación de ovinos de engorda	15
Calidad de las dietas	15
Uso de aditivos en las dietas	16
Fitobióticos	17
Clasificación de los fitobioticos	18
Modos de acción	18
Metabolitos secundarios	19
Clasificación de metabolitos secundarios	19
Uso de cactáceas en nutrición animal	23
<i>Lophocereus marginatus</i> DC	24
Nombre común	24
Distribución	25
Usos	25
Uso en el Rancho HEAR	26
JUSTIFICACIÓN	28
HIPÓTESIS	29
OBJETIVOS	30
Objetivo general	30
Objetivos específicos	30

METODOLOGÍA	31
Preparación del extracto	31
Muestra seca:	31
Muestra fresca hervida:	31
Determinación de compuestos	31
Determinación de compuestos fenólicos totales	31
Determinación de flavonoides totales	32
Taninos condensados	32
DPPH	33
FRAP	33
TEAC	34
Análisis Químico Proximal (AQP)	34
Determinación de humedad	34
Determinación de cenizas	35
Determinación de proteína	35
Determinación del extracto etéreo	36
RESULTADOS	37
Compuestos fenólicos totales	37
Flavonoides	39
Taninos	40
Capacidad antioxidante	41
Análisis de compuestos fenólicos por HPLC	42
Análisis Químico Proximal	45
CONCLUSIÓN	47
BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS	57

Índice Figuras

Figura 1. Producción de carne en América (SAGARPA,2016).....	12
Figura 2. Polifenol quercetina (Peñarrieta et al., 2014)	22
Figura 3. Lophocereus marginatus. Andrea Morales (2023).	25
Figura 4. Resultados % de ceniza, % de proteína, % EE y FDN.....	45

Índice Tablas

Tabla 1. Características y ejemplos de terpenos.....	20
Tabla 2. Cactáceas columnares mesoamericanas (Casas, 2002)	24
Tabla 3. Prueba del extracto de Lophocereus marginatus (DC) en corderos.....	26
Tabla 4. Control del tratamiento de Lophocereus marginatus (DC) en corderos	26
Tabla 5. Resultados del control y la prueba realizada en corderos.	27
Tabla 6. Análisis de compuestos fenólicos por medio de HPLC-DAD.....	44

Índice Gráficas

Gráfica 1Compuestos fenólicos totales. Comparación de muestra fresca y extractos obtenidos con metanol y agua como solventes	37
Gráfica 2Flavonoides totales. Comparación de extracto metanólico, muestra fresca y extracto acuoso.....	40
Gráfica 3Taninos. Comparación de extracto metanólico, muestra fresca y extracto acuoso.....	41
Gráfica 4Determinación de capacidad antioxidante mediante DPPH, FRAP y TEAC. Comparación de extracto metanólico, muestra fresca y extracto acuoso.	42

Introducción

El aumento demográfico demanda mayor consumo de alimentos, por ello es necesario identificar alternativas que incrementen la eficiencia productiva, pero con características sustentables y rentables para el productor de acuerdo a la zona en la que se encuentre. Los sistemas de producción pecuaria son de importancia en el país debido a que representan los suministros básicos para la sociedad (Saro et al., 2017; Alayón-Gamboa et al., 2018).

La ovinocultura en México se desarrolla en todo el territorio nacional representando una actividad secundaria de la agricultura. La producción de carne de ovinos en el país no logra cubrir la demanda del mercado nacional, por lo que la innovación en los sistemas de producción representa una alternativa viable que nos ayude a cubrir factores ambientales, económicos y técnicos en la unidad de producción (Hernández, 2022). Uno de los principales desafíos para la ovinocultura en México es la disponibilidad y calidad de forraje, con frecuencia este no es suficiente para lograr los resultados deseados, por lo que la dieta se debe de complementar con granos de cereales. Sin embargo, estos ingredientes en la dieta son costosos y generalmente son importados, siendo una alternativa no favorable para el productor (Rodríguez et al., 2013; Gochi, 2016).

El uso de cactáceas en las zonas semiáridas ha representado un cambio significativo en los costos de alimentación, su uso como forraje ayuda en la disposición de agua y materia seca. Actualmente se han desarrollado productos aditivos alimentarios con el propósito de mejorar la disposición de nutrientes en la dieta. Los aditivos fitogenéticos o “los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (RFAA) se definen como el material genético de origen vegetal que tiene un valor real o potencial destinado a la alimentación y la agricultura” (SADR, 2020), y están hechos a base de extractos naturales provenientes de plantas y ácidos volátiles (Hernández, 2018).

El órgano *Lophocereus marginatus* (*L. marginatus*) conocido como cardón órgano parado es un cactus que puede crecer en zonas áridas y semiáridas de México

(Arias, S. et al. 2012). Es utilizado de forma etnomedicinal, ornamental y hay registros de uso como forraje (Casas, A. 2002). Dentro de la literatura científica existen otras especies de cactáceas se han utilizado en la alimentación de ganado. En el rancho HEAR Camino Real ubicado en el Pueblito, Corregidora, Querétaro, México, *L.marginatus* es utilizado como “aditivo” en la dieta de borregos de la raza Katahdin en la etapa de engorda, por lo anterior, en este trabajo se realizó la caracterización de los compuestos fenólicos presentes en un extracto de *L. marginatus*.

Antecedentes

Seguridad alimentaria

La soberanía y la seguridad alimentaria en México son afectadas por múltiples factores, principalmente por el mercado mundial, el tratado de libre comercio no ha mejorado las condiciones de vida de los campesinos. Por consecuencia, se ha generado mayor desigualdad económica y exclusión de la participación en el mercado (Lemos, et al., (2018). La alta demanda debido al aumento demográfico, la economía de las familias, entre otros factores, han ocasionado que los productores deban vender o abandonar las tierras, debido a esto, el cambio de uso de suelo de las tierras de uso agrícola y pecuario han cambiado su giro por uno industrial o habitacional (Soria & Palacio, 2014). Sin embargo, la magnitud del éxito de cada proyecto estará en función de la tasa de crecimiento poblacional, la economía, el mercado, la infraestructura y los recursos naturales con los que cuenta (Sosa, 2017).

Ovinocultura en México

La producción de ovinos representa un modelo de producción importante en la ganadería familiar por su fácil manejo, su capacidad para aprovechar el forraje y por valorizar la mano de obra familiar (Calderón et al., 2022). Los ovinos más utilizados en México proviene de razas españolas traídas en el segundo viaje de Colón en 1493, el rebaño nacional se fue incrementando a través de los años, a través de la practicaba la trashumancia, que consiste en el acarreo de los animales a través de terrenos con mejores condiciones de praderas y agua, hasta llegar a las zonas de mercado. México es el tercer país en producción de carne de ovinos en América por debajo de Brasil y Estados Unidos de América (SAGARPA, 2016).

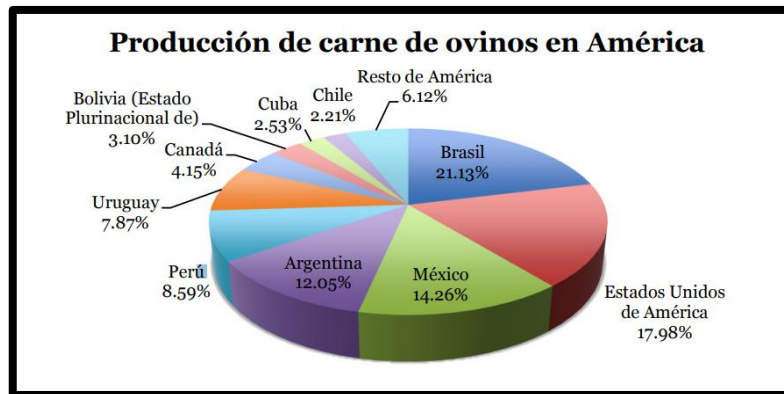


Figura 1. Producción de carne en América (SAGARPA,2016).

En México la ovinocultura tiene como objetivo principal la producción de carne, esta se comercializa de forma tradicional como plato ya elaborado. La barbacoa representa más del 95 % del consumo con mayores auges de venta durante los fines de semana y en forma menos común como mixiote, birria, cortes, hamburguesa, chistorra, entre otros. Sin embargo, este tipo de consumo está asociado más al desarrollo turístico e industrial, en donde el poder adquisitivo es mayor. Según datos oficiales, el consumo per cápita de carne de borrego en México es de 1 kg por persona por año, muy por debajo de los consumos per cápita de carne de bovino, porcino y aves. A pesar del bajo consumo de carne de ovino, la producción de carne en México no es suficiente para cubrir la demanda, por lo que, más del 50% se cubre con importaciones de carne procedente de otros países (SAGARPA, 2016; Camacho et al., 2018).

La carne de ovino posee un alto valor agregado, por lo que se pueden garantizar buenos precios en el mercado nacional, al mejorar la productividad en la granja se puede obtener un aprovechamiento que garantice una actividad económicamente rentable (Camacho et al., 2018).

Sistemas de producción ovina

Actualmente en el país se manejan diferentes sistemas de producción: sistema extensivo, sistema intensivo y sistema mixto.

La mayoría de las producciones de ganado ovino en México se realiza de manera tradicional con el objetivo de servir de ahorro a los ovinocultores enviando al

mercado animales de destete para engorda y animales de desecho, en muchas ocasiones sin definición genética clara. A comparación de las unidades de producción intensiva donde eventualmente se establece una línea genética por medio de selección, la cual cumpla con las características de un alto rendimiento en ganancias de peso. En los últimos años se ha incrementado el uso de nuevas tecnologías dentro de la ovinocultura ayudando a que se vuelva una actividad pecuaria de alta rentabilidad y solidez técnica (Camacho et al., 2018).

Sistemas de producción ovina en Querétaro.

Hernández, (2022) comenta que la ovinocultura en el estado de Querétaro prevalece gracias a la adaptación de los animales de manera favorable a ciertas condiciones ambientales de rusticidad, además de ser una actividad complementaria en el ingreso económico del productor. No obstante, aun cuando existen estas condiciones, se presentan diversos factores (económicos, sociales y técnicos) que limitan el mejoramiento de la productividad animal.

La población ovina en el estado de Querétaro ha tenido variaciones a lo largo de los años, de un inventario de 159 mil cabezas de ovinos en 2010 pasó a 152 mil en 2019, de estas, aproximadamente 60 mil son pie de cría y el resto se destina a la repoblación y venta. Los municipios de mayor importancia en el inventario ovino estatal son: Amealco, El Marqués, San Juan del Río y Huimilpan. De acuerdo a la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Querétaro ocupa el segundo lugar a nivel nacional, únicamente detrás de Jalisco, en la producción de ovinos de registro. Este ganado se distribuye como pie de cría dentro y fuera del Estado e inclusive se exporta a países como Colombia y Guatemala, situación de gran relevancia debido al tamaño de la entidad y del hato (Hernández, 2022).

Sistemas de producción ovina

La producción generalmente se realiza por tres métodos: sistema extensivo, intensivo y semi extensivo

Sistema extensivo

Es la producción de animales en praderas naturales y/o artificiales, con alambradas acondicionadas para controlar el rebaño. Durante el día se mantienen en el campo y a la noche son encerrados en galpones o corrales. Estos sistemas se basan en la relación con el medio ambiente (Cruz, 2010).

Sistema Intensivo

Los animales permanecen todo el tiempo dentro de las instalaciones en las cuales se les provee alimento y agua, procurando mantener las condiciones ambientales naturales. Cada corral debe tener una zona de sombra, comederos, bebederos y saladeros. Es comúnmente utilizado en engorde intensivo y en producción de animales de alto valor genético. Estos sistemas deben ser eficientemente productivos (Cruz, 2010 ; Pereira, et al., 2011 – pp, 19)

Sistema Semi Intensivo

Es la combinación de los dos sistemas anteriores. Los animales salen a las praderas durante el día y por la tarde regresan a los corrales donde se les proporciona agua, sal o algún suplemento alimenticio (Cruz, 2010).

Etapa de finalización de ovinos en sistema intensivo.

La engorda de borregos hecha de forma intensiva, bajo condiciones de confinamiento, ha mostrado mayor eficiencia a comparación de los sistemas tradicionales (Martínez Acurero et al., 2002). La engorda se realiza bajo alimentación con dietas a base de concentrado, este sistema, representa una alternativa a la engorda en pastoreo, que han demostrado su viabilidad al producir corderos del mismo peso vivo final en menor tiempo y carne de mejor calidad con mayor rendimiento en canal. En estas condiciones el comportamiento de los corderos en engorda depende, entre otros puntos, de la calidad de la dieta, de las estrategias de alimentación que se empleen y de la raza o cruza que se utilicen (Camacho et al., 2018).

Camacho et al. (2018) menciona que para garantizar una eficiencia biológica óptima y la mayor rentabilidad económica en la engorda de corderos en corral se deben vigilar los puntos clave, entre ellos: maximizar el consumo de alimento y

nutrientes, maximizar la ganancia de peso de acuerdo al potencial genético del cordero, mejorar la conversión alimenticia, y mejorar el rendimiento y la calidad de la canal, invirtiendo el menor periodo de engorda. Para lograr lo anterior se tiene que poner atención especial al manejo del ganado, los borregos para engorda generalmente son jóvenes, con pesos vivos iniciales de aproximadamente 20 a 25 kilogramos.

Alimentación de ovinos de engorda

La alimentación representa el porcentaje más alto en los costos de operación por lo cual es importante considerar tipo, calidad y precio en la dieta. Además, se debe observar la presentación física de la dieta, procesamiento físico de los granos y forrajes, tamaño de partículas de los ingredientes, frecuencia y rutina de alimentación, tipo de comedero, ofrecimiento de alimento a libre acceso, proporcionar alimento de dos a tres veces al día, evitar que falte alimento y agua, evitar cambios repentinos de ingredientes, evitar la selección de forraje o grano, tener suficiente espacio de comedero y lograr buen mezclado de los ingredientes en la dieta, de tal manera que se pueda ofrecer alimento de manera oportuna y suficiente para el desempeño apropiado de los animales (Nuñez-Torres, 2017; Camacho et al., 2018).

Calidad de las dietas

Uno de los principales desafíos para la ovinocultura en México es la disponibilidad y calidad de forraje, pues con frecuencia este no es suficiente para lograr los resultados deseados, por lo que la dieta se debe de complementar con granos de cereales. Sin embargo, estos ingredientes en la dieta son costosos y generalmente son importados por lo que no representa una alternativa viable para algunas producciones (Rodríguez et al., 2013; Gochi, 2016). Dentro de los costos de producción el costo de alimentación representa del 60 al 70%, por lo que la implementación de alternativas para el aprovechamiento en la dieta es una actividad rentable para el productor (Plascencia y Estrada, 2016; Nuñez-Torres, 2017).

Uso de aditivos en las dietas

Los aditivos actúan en el rumen, compartimento presente en el aparato digestivo de los rumiantes (bovinos, ovinos, caprinos), en el cual los ingredientes de la dieta son digeridos por un proceso de fermentación, proceso realizado por la actividad de la microbiota ruminal. El uso de aditivos aumenta la digestibilidad de los ingredientes en la dieta, mejorando las condiciones del tracto gastrointestinal y agilizando la extracción de nutrientes (Castillo et al., 2014; Vallejo, 2017). Además, el proceso mejora la eficiencia de proteínas de sobrepeso en el intestino delgado (Hervás et al. 2003, Juárez et al., 2015).

Las categorías en las cuales se pueden asignar los aditivos dependen de sus propiedades y funciones: a) aditivos tecnológicos (ej: antioxidantes, emulsionantes o acidificantes), b) aditivos sensoriales (pigmentos y aromatizantes), c) aditivos nutricionales (vitaminas, minerales traza, aminoácidos), d) aditivos zotécnicos (potencializadores de la digestión, estabilizadores de la flora intestinal), y e) coccidiostatos e histomonostatos (son inhibidores de protozoos) (Silva et al., 2005; Ravindran, 2010).

Algunos aditivos son productos fitogenéticos hechos a base de extractos naturales provenientes de material vegetativo y ácidos volátiles. Estos, normalmente se consideran seguros, no obstante, a diferencia de otros promotores de crecimiento, hacen falta fundamentos científicos que respalden el modo de acción y control de calidad del producto (Ravindran, 2010). Aun así, el uso de extractos de origen vegetal provee un elevado número de ingredientes activos, por lo que aumenta las probabilidades de éxito. La efectividad de la concentración es variable debido a que dependen de factores abióticos presentes en la zona (Carro, et al., 2006). Los más comunes son los ionóforos, antibióticos, enzimas y extractos de plantas ricos en taninos (Cardozo, et al., 2004, Hidalgo, M., 2020). El uso de los extractos vegetales o filogenéticos en la industria de la engorda ha tenido auge desde el 2006 debido a la prohibición del uso de antibióticos en la alimentación animal en países de la Unión Europea por el

Reglamento 1831/2003 (Martínez, 2013; Plascencia y Estrada, 2016; Saro, et al., 2017).

Existen cuatro factores a considerar para poder determinar el uso de un aditivo: una respuesta anticipada, rentabilidad, investigación y su efectividad en campo. Todo esto con el objetivo de promover una mayor ganancia de peso y mejorar la eficiencia alimentaria en el animal (Hutjens, 2013; Toncoso, 2015).

Fitobióticos

Hernández, (2018) sostiene que los fitobióticos o fitogénicos son grupo de aditivos naturales promotores de crecimiento que pueden contener amplia variedad de sustancias bioactivas derivadas de hierbas, especias y aceites esenciales, que se incorporan en el alimento para mejorar la productividad del ganado a través de incrementar la digestibilidad, absorción de nutrientes, eliminar patógenos residentes en el tracto gastrointestinal favoreciendo salud animal.

Además, estos productos naturales de origen vegetal son menos tóxicos, libres de residuos, respetuosos con el medio ambiente y son los aditivos ideales para los animales, en comparación con los antibióticos sintéticos o los químicos inorgánicos, por lo que se ha recomendado su uso como alternativa de antibióticos (Hernández, J. 2018; Benavides, L. 2023). La actividad biológica o terapéutica de una planta medicinal está estrictamente relacionada con los productos químicos que contiene tales como aceites esenciales, alcaloides, ácidos, esteroides, taninos, saponinas, entre otros (Hernández, J. 2018). La cantidad de estas moléculas varía dependiendo de la variedad de plantas, las condiciones de cultivo, y tiempo de cosecha (Hernández, J. 2018; Benavides, L. 2023).

El uso de los fitobioticos puede potencializar la nutrición de animales y mejorar: consumo de alimento, estimulación de la digestión, mayor crecimiento y desarrollo, menor incidencia de enfermedades, mejora de los parámetros reproductivos, mejora de la eficiencia de alimentación, aumento de la rentabilidad y reducción de emisiones de gases (Hernández, 2018).

Clasificación de los fitobioticos

Se clasifican de acuerdo a su origen y procesamiento en hierbas, plantas con flores y herbáceas; especias, hierbas de olor y sabor intensos comúnmente agregados para condimentar alimentos para humanos como ajo, anís, canela, cilantro, orégano, chile, pimienta, romero y tomillo; aceites esenciales, compuestos lipofílicos volátiles obtenidos mediante destilación a vapor o alcohol; y, oleorresinas, extractos obtenidos con solventes no acuosos (Hernández, 2018). Y de acuerdo a la parte que se utiliza tienen la siguiente clasificación: puede ser toda la planta, raíz, tallo, corteza, hoja, flores, fruta y semilla; hábito de crecimiento, gramíneas, hierbas, arbustos, trepadoras y árboles; hábitat, tropical, subtropical y templado; valor terapéutico, antibacterianos, antifúngicos, antiinflamatorios, antiulcerosos, antioxidantes, antivirales, anticancerígenos, inmunoestimuladores; y, vías de administración, maceración, jarabe, inhalación y tisanas (Benavides, L. 2023).

Modos de acción

Hernández (2018) menciona que uno de los modos de acción de los fitobioticos es beneficiando el ambiente gastrointestinal por medio del control de patógenos potenciales presentes en la microbiota gastrointestinal. Por consiguiente, fortalecen el sistema inmune del animal durante situaciones de estrés, aumenta la disponibilidad de nutrientes a nivel intestinal mejorando su absorción, ayudando a los animales con el desarrollo y expresión de su potencial genético. Sin embargo, estas respuestas pueden variar dependiendo del tipo de metabolismo secundario presente en cada planta, concentración, dosis, y su interacción con la dieta base de los animales.

Metabolitos secundarios

Ferreira et al., (2021) resalta que las plantas producen una cantidad abundante de sustancias y las utilizan para su crecimiento y desarrollo. Los metabolitos secundarios, surgen en la respuesta a perturbaciones bióticas y/o abióticas, los cuales cumplen funciones en procesos fisiológicos, como una señal de respuesta y defensa por parte de la planta. Estos metabolitos secundarios se pueden identificar a través de análisis, con el cual se puede explorar su uso para fines medicinales o industriales.

Se ha demostrado que los metabolitos secundarios son útiles para manipular algunos procesos metabólicos en los rumiantes y modular selectivamente las poblaciones microbianas del rumen permitiendo mejorar la fermentación, el metabolismo del nitrógeno y reducir la producción de metano. Por esa razón, las compañías farmacéuticas y de nutrición de animales analizan rutinariamente los compuestos bioactivos de las plantas para obtener nuevos medicamentos o aditivos alimenticios (Hernández, 2018; Ferreira et al, 2021).

Clasificación de metabolitos secundarios

Terpenos

Hernández, 2018 argumenta que los terpenos representan el grupo de metabolitos secundarios más numeroso y diversificado. Estos se sintetizan a partir de difosfato de isopentenilo (isopreno) y se clasifican en función al número de unidades de isopreno presentes.

Número de isoprenos	Ejemplos
monoterpenos (C10)	Constituyen el 90% de los aceites esenciales y de acuerdo a su tipo de radicar funcional se les nombra como: carburos; alcoholes como geraniol,

	Limoneno y mentol; aldehídos, cetonas, ésteres, éteres, peróxidos y fenoles.
Diterpenos (C20)	Son ácidos que componen resinas de gimnospermas y compuestos tales como fitol, tocoferol y retino
triterpenos (C30)	En esteroides, saponinas triterpénicas o esteroideas y glucósidos cardiotónicos. Los esteroides estimulan el crecimiento de las plantas, mientras que las saponinas se usan en la industria farmacológica debido a su acción antiinflamatoria y antimicrobiana. Los glucósidos cardiotónicos también son de evidente interés farmacológico.
tetraterpenos (C40)	Carotenoides y xantofilas. Los carotenoides desempeñan funciones fisiológicas claves en la fotosíntesis y parecen tener propiedades antitumorales debido a su actividad antioxidante

Tabla 1. Características y ejemplos de terpenos

Flavonoides

Los compuestos polifenólicos como los flavonoides, se caracterizan por poseer 15 carbonos junto con dos anillos aromáticos conectados por un puente de tres carbonos, se encuentran en todo el reino vegetal en altas concentraciones sobre las hojas y cáscaras de frutas. Se clasifican de acuerdo a su grupo funcional como: chalconas, flavonas, flavonoles, flavandioles, antocianinas y taninos condensados

(Hernández, 2018). Además una de sus funciones principales es actuar en la regulación del metabolismo primario, por lo que son responsables de colores atractivos en las flores facilitando la polinización, de igual manera se caracterizan por sus propiedades antimicrobianas (Hernández, 2018).

Fenoles

Fenoles simples

Son compuestos que se caracterizan por tener al menos un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilos, estos se clasifican de acuerdo a su función de origen biosintético. Su síntesis es por medio de la polimerización de unidades de acetil-CoA y se agrupan de acuerdo con el número de unidades de acetato como: tetrapéptidos, pentapéptidos, decapéptidos y otros (Hernández, 2018). Los fenoles son sintetizados por una de dos vías biosintéticas: la ruta del ácido shikímico o la vía del ácido malónico (o por las dos, por ejemplo los flavonoides). Algunos son solubles en solventes orgánicos, otros son glucósidos o ácidos carboxílicos y por lo tanto solubles en agua, y otros son polímeros muy grandes (Godínez, S; 2018).

Fenoles ácidos

Dentro de esta clasificación se encuentran dos categorías: los ácidos hidroxibenzóicos y los ácidos hidroxicinámicos.

Los ácidos hidroxibenzóicos presentan un grupo carboxílico (grupo ácido) y grupos hidroxilo (uno o más) en un anillo aromático. Además, el ácido protocatéquico (protocatechuic acid) presentó un efecto protector frente a lesiones de hígado en modelos animales. Los ácidos hidroxicinámicos han demostrado una actividad antígenotóxica y antiproliferativa en células, poseen el grupo $\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$ en reemplazo del grupo COOH presentes en los ácidos hidroxibenzoicos (Peñarrieta et al., 2014)

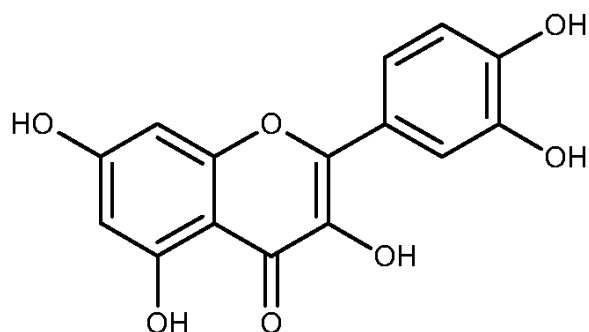


Figura 2. Polifenol quercetina (Peñarrieta et al., 2014)

Taninos

Los taninos son sustancias polifenólicas solubles en agua, de alto peso molecular. Los podemos encontrar en arbustos y árboles forrajeros, leguminosas, frutas, cereales y granos.

De acuerdo con Vélez, et al., (2014), los taninos tienen un efecto sobre la metanogénesis, sin embargo, aún no se entiende completamente. Han encontrado que pueden inhibir el crecimiento o la actividad de los metanógenos y protozoarios del rumen por medio de mecanismos bactericidas o bacteriostáticos. De igual forma pueden afectar las bacterias celulolíticas y consecuentemente la fermentación de los carbohidratos a ácidos grasos de cadena corta, en especial la producción de acetato, de esta manera se reduce la formación de CO₂ y H₂ necesarios para la metanogénesis (Bodas et al., 2012). La actividad antimetanogénica de los taninos se atribuye principalmente a los taninos condensados, los cuales disminuyen la producción de metano a través de una reducción en la digestión de la fibra. La suplementación con taninos en ovinos, disminuye la presencia de escatol, un compuesto indólico originado en el rumen el cual en altas concentraciones genera un sabor fecal en la carne, lo que reduce la calidad y consumo (Vélez, et al., 2014).

Uso de cactáceas en nutrición animal

Las aplicaciones del uso de cactáceas en la nutrición animal han favorecido la producción pecuaria en zonas semiáridas, por ejemplo, el uso de *Opuntia* spp como forraje de ganado se ha extendido en diversos países como México, Brasil, Túnez, Sudáfrica, Algeria, Marruecos, Líbano entre otros (FAO, 2018). Su uso como forraje es muy adecuado, debido a su capacidad de conversión de agua en materia seca. Las especies más utilizadas en México para forraje son: *O. robusta*, *O. cantabrigiensis*, *O. rastrera*, *O. lindheimeri* y *O. phaeacantha*. *Opuntia* es muy adecuada como alimento, por su eficacia al convertir el agua en materia seca, es decir, en energía digerible. Esta aplicación no es reciente, *Opuntia* ha desempeñado un papel muy importante para satisfacer la demanda de forraje en las regiones semiáridas desde hace muchos años. En general las cactáceas tienen un sistema fotosintético especializado que permite una producción más eficiente por unidad de materia seca y unidad de agua consumida; mayor a la que presentan pastos y leguminosas (Torres, et al. 2015).

En el estado de Guanajuato realizaron Bloques Multinutricionales, con base de nopal *O.robusta*, para la alimentación de corderos en crecimiento durante 57 días, a pesar de no ver un aumento de ganancias de peso en comparación con la dieta convencional, observaron la aceptación de los bloques. Así como una alternativa viable para pequeños y medianos productores que desean aprovechar en su unidad de producción (Mejía, et al., 2011).

Casas (2002), menciona que *Opuntia* spp. y cactáceas columnares fueron esenciales para la subsistencia de algunos pueblos precolombinos e indígenas de México, en la cual utilizaban las cactáceas columnares con distintos usos tabla 2.

Especies	Usos	Estatus cultural
<i>Backebergia militaris</i>	1, 2	s
<i>Cephalocereus apicicephalum</i>	1, 2	s
<i>C. chrysacanthus</i>	1*, 2	s
<i>C. collinsii</i>	1*, 2	s
<i>C. columna-trajani</i>	1*, 2, 6	s
<i>C. guerreronis</i>	1, 2	s
<i>C. nizandensis</i>	1, 2	s
<i>C. palmeri</i> var. <i>Sartorianus</i>	1*, 2	s
<i>C. purpusii</i>	1, 2	s
<i>C. quadricentralis</i>	1, 2	s
<i>C. senilis</i>	9	s, c
<i>C. tototalapensis</i>	1, 2	s
<i>Escontria chiotilla</i>	1**, 2, 3, 4, 5, 7, 11	s, m
<i>Mitrocereus fulviceps</i>	1*, 2, 6	s
<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	1**, 2, 3, 5, 7	s, m
<i>M. schenkii</i>	1**, 2, 3, 5, 7	s, m, c
<i>Neobuxbaumia macrocephala</i>	1, 2, 6	s
<i>N. mezcalaensis</i>	1**, 2, 4, 5, 6	s
<i>N. multiareolata</i>	1, 2	s
<i>N. scoparia</i>	1, 2	s
<i>N. tetetzo</i>	1**, 2, 4, 5, 6	s
<i>Pachycereus grandis</i>	1**, 2, 4	s
<i>P. hollianus</i>	1**, 2, 3, 4, 7	s, m, c
<i>P. marginatus</i>	1**, 2, 7, 8	s, m, c
<i>P. pectin-aboriginum</i>	1**, 2, 4, 6, 8, 11	s, m

Tabla 2 Cactáceas columnares mesoamericanas (Casas, 2002)

Cactáceas columnares mesoamericanas. Usos: 1=comestible (*calidad regular, **buena calidad); 2= forraje; 3= bebida alcohólica; 4= semillas comestibles; 5= tallos y flores comestibles; 6=construcción; 7= cercas vivas; 8= medicinal; 9= ornamental; 10= adhesivos; 11= leña. Estatus cultural: s= silvestre recolectada; m= manejada *in situ*; c= cultivada. Casas, (2002)

***Lophocereus marginatus* DC**

Nombre común

El órgano *Lophocereus marginatus* (DC), también conocido como chilayo, cardón órgano parado, chimolayo, malinche, entre otros, se extiende desde el suroeste de Estados Unidos hasta Guatemala.

Se encuentra en bosque tropical caducifolio y matorral xerófilo, en elevaciones desde los 1010 msnm hasta los 2220 msnm. Es un órgano con tallos columnares de hasta 5-7 m de alto, 5-6 costillas, espinas radicales y centrales. Presenta flores blanco verdosas con tintes rojizos de 2.5 -4 cm de largo, florece de febrero a mayo (Arias y Aquino,2019).

Distribución

En México tiene una distribución en los estados de Colima, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, CDMX, Morelos, Oaxaca, Puebla y Querétaro. Dentro de su distribución en Querétaro se encuentra en los municipios de Arroyo Seco, Jalpan de Serra, El Marqués, Colón, Tolimán, Cadereyta, Ezequiel Montes y Tequisquiapan (Arias y Terrazas, 2006).

Usos

Entre sus usos se destaca el medicinal, ornamental y cercas vivas (Casas, A., 2002; Arias y Terrazas, 2006).



Figura 3 Lophocereus marginatus. Andrea Morales (2023).

Uso en el Rancho HEAR

Se realizó una prueba piloto en el rancho HEAR Camino Real, ubicado en el municipio de Corregidora, Querétaro. En la prueba se manejaron dos grupos de animales. Un grupo tratamiento/prueba (tabla 3) y un grupo control con el alimento (tabla 4) en el cual se añadió el extracto del cactus al alimento. Se pesaron los animales y se realizó el mismo manejo, se obtuvieron las ganancias diarias de peso (GDP) y se evaluó de acuerdo a los kg ganados y el costo beneficio al productor (tabla 5).

Tabla 3 Prueba del extracto de *Lophocereus marginatus* (DC) en corderos.

PRUEBA					
# ANIMAL	1961	# ANIMAL	1961	# ANIMAL	1961
F. NAC	24/01/2012	F. NAC	24/01/2012	F. NAC	24/01/2012
T.PARTO	GEMELAR	T.PARTO	GEMELAR	T.PARTO	GEMELAR
F. INICIO	03/05/2012	F. INICIO	29/05/2012	F. INICIO	26/06/2012
PESO INIC.	26.4	PESO INIC.	35.0	PESO INIC.	45.6
F. 1° PESADA	29/05/2012	F. 2° PESADA	26/06/2012	F. 3° PESADA	14/07/2012
PESO 1°	35.00	PESO 2°	45.60	PESO 3°	54.60
KGS.GAN	8.60	KGS.GAN	10.60	KGS.GAN	9.00
DIAS PRUEBA	26	DIAS PRUEBA	28.00	DIAS PRUEBA	18.00
X G D	0.331	X G D	0.379	X G D	0.500
CONSUMO ALIM.	37.4	CONSUMO ALIM.	42.0	CONSUMO ALIM.	37.0
C:A	4.35	C:A	3.96	C:A	4.12
COSTO ALIM	4.18	COSTO ALIM	4.18	COSTO ALIM	4.18
COSTO / KG/GAN	18.18	COSTO / KG/GAN	16.56	COSTO / KG/GAN	17.20

CONTROL					
# ANIMAL	1973	# ANIMAL	1973	# ANIMAL	1973
F. NAC	26/01/2012	F. NAC	26/01/2012	F. NAC	26/01/2012
T.PARTO	GEMELAR	T.PARTO	GEMELAR	T.PARTO	GEMELAR
F. INICIO	03/05/2012	F. INICIO	29/05/2012	F. INICIO	26/06/2012
PESO INIC.	23.2	PESO INIC.	31.4	PESO INIC.	39.8
F. 1° PESADA	29/05/2012	F. 1° PESADA	26/06/2012	F. 1° PESADA	14/07/2012
PESO 1°	31.40	PESO 2°	39.80	PESO 3°	46.00
KGS.GAN	8.20	KGS.GAN	8.40	KGS.GAN	6.20
DIAS DE PRUEBA	26	DIAS DE PRUEBA	28	DIAS DE PRUEBA	18
X G D	0.315	X G D	0.300	X G D	0.344
CONSUMO ALIM.	38.3	CONSUMO ALIM.	42	CONSUMO ALIM.	35.6
C:A	4.67	C:A	5.00	C:A	5.74
COSTO ALIM	4.18	COSTO ALIM	4.18	COSTO ALIM	4.18
COSTO / KG/GAN	19.52	COSTO / KG/GAN	20.90	COSTO / KG/GAN	24.00
DIF. DE COSTO	1.35	DIF. DE COSTO	4.34	DIF. DE COSTO	6.80
DIF. EN %	7.4	DIF. EN %	20.8	DIF. EN %	28.3

Tabla 4 Control del tratamiento de *Lophocereus marginatus* (DC) en corderos

ACUMULADO				
CONTROL			PRUEBA	
CONS. ALIMENTO	115.9		CONS. ALIMENTO	116.4
KILOS GAN.	22.80		KILOS GAN.	28.20
C:A	5.08		C:A	4.13
COSTO / KG	21.25		COSTO / KG	17.26
UTILIDAD	12.75		UTILIDAD	16.74
U. TOTAL	290.7		U. TOTAL	472.1
DIAS ENGORDA	72		DIAS ENGORDA	72
		DIF		
		181.34		

Tabla 5 Resultados del control y la prueba realizada en corderos.

JUSTIFICACIÓN

La seguridad alimentaria es un tema de suma importancia en algunas regiones de México, es necesario sistemas de producción que permitan una mejora en la generación de alimentos o mejoren la calidad de los mismos. El uso de aditivos fitobióticos en las dietas animales representan una alternativa de bajo costo para el mejoramiento de las dietas, sin embargo, el uso de especies de plantas que puedan ser usados como aditivos en dietas es aún limitado. Pocas especies han sido analizadas con relación a su composición bioquímica o probadas en campo. El organo *L. marginatus* ha sido utilizado como aditivo en dietas de ovinos en el rancho HEAR Camino Real en ovejas de raza Katahdin, mejorando la ingesta de alimento y ganancia de peso en un ensayo piloto, por otra parte, poco se sabe de su composición bioquímica. Por lo anterior en este trabajo se realizó una caracterización del perfil fenólico de *L. marginatus* mediante métodos colorimétricos, análisis químico proximal y HPLC-DAD, con el fin de determinar la presencia de metabolitos secundarios que puedan estar relacionados con la ganancia de peso y que puedan ser usados como aditivos en dietas de animales.

HIPÓTESIS

Lophocereus marginatus posee metabolitos secundarios relevantes que mejoran la microbiota del rumen la cual impacta en la conversión alimenticia y mejora los parámetros productivos asociados a la digestibilidad de los alimentos.

OBJETIVOS

Objetivo general

Realizar una caracterización bioquímica de *L. marginatus* (DC), determinando los principales metabolitos secundarios por medio de análisis bioquímicos colorimétricos y por análisis químico proximal (AQP).

Objetivos específicos

- Análisis y determinación de flavonoides en un extracto de *L. marginatus*
- Análisis y determinación de fenoles en un extracto de *L. marginatus*,
- Análisis y determinación de taninos en un extracto de *L. marginatus*,
- Análisis y determinación de capacidad antioxidante en un extracto de *L. marginatus*,
- Análisis y determinación de capacidad reductora férrica en un extracto de *L. marginatus*,
- Análisis Químico Proximal para determinación de humedad, cenizas, proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA) y energía.
- Análisis y determinación de metabolitos secundarios por HPLC.

METODOLOGÍA

Preparación del extracto

Muestra seca:

La muestra vegetal se secó utilizando un horno con ventilación forzada a 40 °C y posteriormente se molió. Se mezcló la muestra seca con metanol-agua 80:20 (v/v) utilizando una relación de 1:10 (p/v). El extracto se dejó en agitación constante utilizando un agitador orbital y en ausencia de luz durante 16 h, posteriormente se filtró con papel filtro Whatman donde se desechó el residuo y el extracto resultante se llevó a sequedad mediante un rotaevaporador en condiciones de 40 °C y presión de vacío de 400 mmHg. El extracto fue liofilizado y almacenado en tubos protegidos de la luz a -80 °C hasta su análisis.

Muestra fresca hervida:

Preparación de extracción para ensayos de compuestos fenólicos y actividad antioxidante

Se homogeneizaron 100 mg de extracto liofilizado en 5 mL de metanol/agua 80:20 (v/v), se mezclaron en un vórtex durante 30 min y posteriormente la muestra fue centrifugada a 4 000 rpm durante 10 min a 4 °C. Se recolectó el sobrenadante y se almacenó a -80 °C hasta su análisis.

Determinación de compuestos

Determinación de compuestos fenólicos totales

Los compuestos fenólicos totales se determinaron espectrofotométricamente de acuerdo con el método de Folin-Ciocalteu (Singleton et al. 1999). Se realizó la curva de calibración para fenoles totales utilizando ácido gálico como estándar en las concentraciones de 25, 50, 100, 150, 200, 250, 300 mg / mL. Se tomó una alícuota del extracto (12.5 µl) y se llevó a un volumen de 50 µl de agua destilada. Posteriormente se mezcló con 32 µl del reactivo de folín-Ciocalteu (1N), se le

agregaron 156 μ l de NaCO₃ al 20% y se dejó reposar en ausencia de luz durante 2 horas a temperatura ambiente. El control se preparó de manera similar reemplazando la cantidad de muestra con agua destilada. Después de 2 horas se midió la absorbancia de cada una de las muestras por triplicado en un espectrofotómetro (Thermo, Multiskan Ascent) a una longitud de onda de 750 nm y los resultados fueron expresados en miligramos equivalentes de ácido gálico por 100 g de extracto liofilizado (mg EAG / 100 g EL).

Determinación de flavonoides totales

Los flavonoides totales se determinaron por el método colorimétrico del cloruro de aluminio (Zhishen et al. 1999). Se realizó la curva de calibración utilizando catequina como estándar en las concentraciones de 100, 200, 300, 500, 700, 900, 1000 mg / mL. Se tomó una alícuota del extracto (31.25 μ l) y se añadieron 156 μ l de agua destilada, después se añadieron 9.4 μ l de NaNO₂ al 5% y se dejó reposar durante 6 min, posteriormente se agregó AlCl₃ al 10% y se dejó reposar por 5 min, después se añadió 63 μ l de NaOH (1M); Finalmente se agregó 35 μ l de agua destilada. El control se preparó de manera similar reemplazando la cantidad de muestra con agua destilada. La curva y la muestra se leyeron a 510 nm y los resultados fueron expresados en miligramos equivalentes de catequina por 100 g de extracto liofilizado (mg EC / 100 g EL).

Taninos condensados

Los taninos condensados se determinaron por el método de vainillina (Feregrino-Pérez et al. 2008). Se realizó una curva de calibración utilizando catequina como estándar en diferentes concentraciones: 0.1, 0.2, 0.4, 0.6 y 0.8 mg / mL. Para la determinación de la muestra se tomó una alícuota del extracto (50 μ l) y se agregó 200 μ l de la solución de vainillina 1% recién preparada y HCl 8% en metanol con relación de 1:1. El blanco fue metanol sustituyendo la cantidad de la muestra aunado con 200 μ l de la solución HCl al 4%. La curva como la muestra se leyeron a una longitud de onda de 492 nm y los resultados fueron expresados como

miligramos equivalentes de catequina por 100 g de extracto liofilizado (mg EC / 100g EL).

DPPH

La metodología de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo) se realizó en base a la técnica realizada por (Fukumoto and Mazza 2000). Se preparó el radical DPPH pesando 1.5 miligramos de DPPH y se disolvió en 25 mL de metanol grado reactivo. Se realizó la curva de calibración utilizando Trolox como estándar en diferentes concentraciones: 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700 y 800 mM. Se tomó una alícuota del extracto (20 µl) y se agregó 200 µl de DPPH. El blanco fue 20 µl metanol y 200 µl de agua destilada, para el control se utilizó 20 µl metanol y se adicionaron 200 µl de DPPH. La curva y la muestra se dejaron en incubación en ausencia de luz durante 1 h, posteriormente se leyeron a una longitud de onda de 520 nm. Los resultados se expresaron en mM equivalentes de Trolox / g de extracto liofilizado (mM ET / g EL).

FRAP

La metodología de FRAP (capacidad reductora férrica del plasma) se realizó en base a realizada por (Benzie and Strain 1996). Se preparó la solución de FRAP mezclando 10 mL de la solución amortiguadora de acetato (300 mM), 1 mL de la solución FeCl₃ 6H₂O (20 mM) y 1 mL del reactivo TPTZ (10 mM). La curva de calibración se realizó utilizando Trolox como estándar en diferentes concentraciones: 10, 25, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350 mM. Se tomó una alícuota del extracto (25 µl) y se agregó 175 µl del reactivo FRAP, como blanco se utilizó 200 µl de agua destilada y para control se utilizó 25 µl de Trolox y 175 µl de la solución amortiguadora de acetato. La curva y la muestra se dejaron en incubación en ausencia de luz durante 1 h, posteriormente se leyeron a una longitud de onda de 520 nm. Los resultados se expresaron en mM equivalentes de Trolox / g de extracto liofilizado (mM ET / g EL).

TEAC

El ensayo de capacidad antioxidante en equivalentes de trolox (TEAC, por sus siglas en inglés) se realizó en base a la técnica realizada por (Van Den Berg et al. 1999). La técnica consistió en mezclar el reactivo de ABTS (2,2'-azinobis-3-etilbenzotiazolina-6-6 ácido sulfónico) al 7 mM y persulfato de potasio al 2.45 mM en agua por 12 h a temperatura ambiente para producir el radical ABTS.

Posteriormente la solución concentrada de ABTS se diluyó con etanol, pH 7.4, hasta obtener una absorbancia final de 0.7 ± 0.02 la cual se leyó a una longitud de onda de 734 nm. Después se tomó una alícuota del extracto (20 μ l) y se adicionó 230 μ l de la dilución de ABTS. El blanco se realizó usando 20 μ l de metanol diluido en 230 μ l de etanol, mientras que el control se preparó añadiendo 20 μ l de metanol y más 230 μ l de ABTS. Se realizó una curva calibración utilizando Trolox como estándar en diferentes concentraciones 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700 y 800 mM. La curva como la muestra se dejó incubar en ausencia de luz por 1 h. Transcurrido este tiempo se midió la absorbancia a la misma longitud de onda y los resultados se expresaron como mM equivalentes de Trolox / g de extracto liofilizado (mM ET / g EL).

Análisis Químico Proximal (AQP)

Determinación de humedad

Se empleó la técnica recomendada por la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC, 2000) para lo cual, 0.5 g de la muestra fueron secados en una cápsula de porcelana con tapa en una estufa eléctrica a 105°C durante 24 horas y posteriormente se colocó en un desecador, el peso de la cápsula vacía y el de la cápsula más la muestra fue determinado en una balanza analítica (Precisa Instruments Ltd. Modelo XT 120A, Suiza). Los pesos de la muestra fueron determinados antes y después de ser secados.

Para el cálculo del porcentaje de humedad se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = ((W2 - W1) / W1) \times 100$$

W1: peso en gramos de la muestra antes del secado

W2: peso en gramos de la muestra después del segundo secado

Determinación de cenizas

De acuerdo a la AOAC (2000) se colocó un crisol en mufla a 550°C durante 8 horas para asegurar que las impurezas en la superficie del crisol se quemaran. Después fue transferido a un desecador por 1 hora y se pesó en una balanza analítica (Precisa Instruments Ltd. Modelo XT 120A, Suiza). Posteriormente se agregaron 0.5 g de muestra y el crisol con la muestra se llevó a la mufla (Felisa modelo FE-340, México) a 550°C durante 24 horas. Después del calentamiento se colocó en un desecador hasta su enfriamiento y finalmente el crisol que contenía la muestra se pesó. El porcentaje de cenizas se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = (\text{peso de cenizas} / \text{peso de la muestra}) \times 100$$

Determinación de proteína

Se llevó a cabo mediante el método de Kjeldahl analizando las muestras por triplicado. Se pesaron 0.5 g de muestra en un tubo de digestión. Posteriormente se agregó el catalizador Kjeldahl a la muestra más 15 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se preparó en un tubo que contenía las sustancias químicas anteriores, excepto la muestra (blanco). Los tubos se colocaron en el portatubos del digestor Kjeldahl (Foss, Modelo KT 200 Kjeltect™, Dinamarca) en el bloque de calentamiento y se calentaron hasta 420°C, con un tiempo de digestión de 1.5 horas. A continuación, se dejaron enfriar los tubos y se añadieron 80 ml de agua destilada. Se encendió la sección de destilación colocando el tubo de digestión con la muestra y un matraz Erlenmeyer que contenía 35 ml de H₃BO₃ al 4% con indicadores. Posteriormente se dosificaron 60 ml de NaOH 40% al tubo con muestra y se calentó por 5 minutos hasta que todo el NH₃ fue destilado. Para finalizar se removió el matraz con el destilado y se lavó la punta del condensador.

La titulación se realizó con una solución de H₂SO₄ 0.4454 N. El contenido de proteína total se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Proteína (\%)} = (A-B) \times N \times 14.007 \times 6.25$$

A = volumen (ml) gastados de H₂SO₄ en la muestra

B = volumen (ml) gastados de H₂SO₄ en el blanco

N = normalidad de H₂SO₄

14.007 = peso atómico del nitrógeno

6.25 = factor de conversión proteína nitrógeno

Determinación del extracto etéreo

Para determinar el extracto etéreo (lípidos) se utilizó el método de Soxhlet. Primero se pesaron por triplicado 0.5 g de muestra en papel filtro Whatman # 4 y se colocaron en sus respectivos dedales de celulosa. A cada taza previamente tarada se agregaron 75 ml de hexano como solvente de extracción. Las muestras contenidas en los dedales de celulosa y las tazas se colocaron en el equipo Soxhlet para realizar la extracción de lípidos a 140 °C durante 75 minutos. Finalizado el proceso las tazas que contenían los lípidos extraídos se colocaron durante 30 minutos en la estufa a 50° C para eliminar el solvente residual. Después del calentamiento las tazas se pusieron en un desecador hasta su enfriamiento y posteriormente fueron pesadas. El porcentaje de lípidos se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Grasa (\%)} = ((\text{taza + grasa}) - (\text{taza vacía})) / \text{peso muestra}) \times 100$$

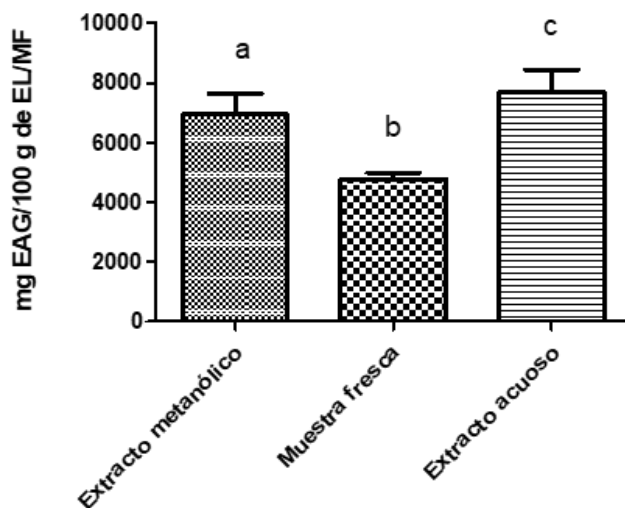
RESULTADOS

El análisis bioquímico mediante ensayos colorimétricos mostró la presencia de metabolitos secundarios relevantes que se podrían relacionar con el mejoramiento en dietas animales. Los datos encontrados para los diferentes metabolitos analizados se muestran a continuación. Los ensayos fueron hechos en un extracto metanólico, muestra fresca y un extracto acuoso.

Compuestos fenólicos totales

Los extractos analizados muestran la presencia de fenoles, siendo el extracto acuoso el que presenta los valores más altos, con 900 mg estos poseen una actividad biológica como: antibióticos, antiparasitarios y citotóxicos

En el caso de las muestras analizadas, se encontró la presencia de fenoles, siendo el extracto acuoso el que presenta los valores más altos, con 900 mg, seguido del extracto metanólico y el extracto de muestra fresca (Figura 4).



Gráfica 1 Compuestos fenólicos totales. Comparación de muestra fresca y extractos obtenidos con metanol y agua como solventes

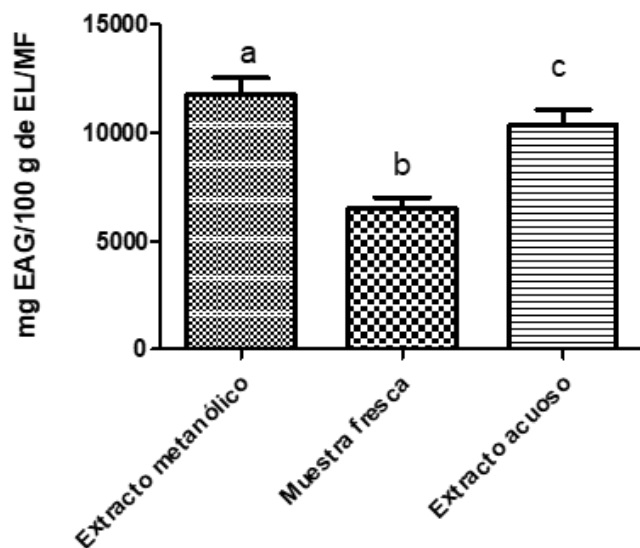
Los compuestos fenólicos poseen propiedades benéficas y actividad biológica como: antiparasitarios, mejora del sistema inmune, salud digestiva, efecto antiinflamatorio, citotóxico y ayudan a contrarrestar el estrés oxidativo, el cual produce efectos adversos en animales de granja (Mahfuz et al. 2021), por ejemplo, reduce el peso corporal al modificar el metabolismo óptimo y reduce la calidad de la carne debido a una mayor acumulación de corticosterona en el plasma, lo que ocasiona un color más pálido en la carne de pechuga de pollos de engorda (Kannan et al. 1997). Además, debido a la prohibición en la alimentación animal del uso de antibióticos promotores de crecimiento, los compuestos fenólicos, que mejoran la palatabilidad y con ello el consumo de alimento, además, incrementan el rendimiento del crecimiento y disminuyen la mortalidad animal, por lo cual comienzan a ser utilizados como aditivos en la alimentación animal (Jin y Giannenas 2020). La mejora en el rendimiento del crecimiento se asocia con la alteración del área de la superficie intestinal y afectar positivamente la actividad de enzimas digestivas, mejorando la absorción de nutrientes (Valenzuela et al. 2017). Extractos de plantas como el orégano: el cual, en concentraciones de 100 mg/kg incrementa 5% la producción de huevo, además de incrementar la actividad de enzimas tipo tripsina y amilasas (He et al. 2017), el polvo de hojas secas de tomillo y romero: en porcentaje del 0.9% presentan también una mayor producción de huevo en gallinas de postura (Alagawany et al. 2017).

En dietas para porcinos, concentraciones superiores a 1500 mg/kg de fenoles, provocan una disminución en la ingesta de alimento, debido al fuerte olor de los compuestos fenólicos (Yan y Kim 2011), por lo cual es necesario establecer cantidades específicas para cada grupo animal. La concentración de 900 mgAG/100g de compuestos fenólicos reportada en este trabajo es similar y en varios casos, mayor que la reportada para extractos metanólicos de tomillo (93.5 mg AG/g) , romero (106.2 mg AG/g) , orégano(214 mg AG/g) (Ulewicz y Wesolowski 2019) o especies de menta (20 a 184 mg AG/g), especies con concentraciones altas en compuestos fenólicos y que han sido utilizadas como aditivos en dietas animales, por lo cual el extracto acuoso de *L. marginatus* podría

ser un fuente rica en este tipo de compuestos y ser considerada como un posible aditivo en dietas o alimentos animales.

Flavonoides

Los extractos analizados muestran la presencia de flavonoides, siendo el extracto metanólico el que presenta los valores más altos, con 12,500 mg/100 g de peso seco. Estos poseen una actividad biológica como: estimulantes de metabolismo microbial (Velez, et al., 2014), son considerados promotores del crecimiento y potenciadores de la calidad de los productos animales debido a sus propiedades antimicrobianas y antioxidantes (Ahmadipour et al., 2015; Ahmadipour et al 2017). Por esta razón se utilizan ampliamente como aditivos alimentarios en la producción animal en lugar de antibióticos, la adición de flavonoides a las dietas de rumiantes puede ayudar a reducir la producción de metano sin afectar la fermentación microbiana del rumen, la producción de ácidos grasos y el rendimiento del ganado vacuno o lechero. Los flavonoides mejoran la producción de ácidos grasos volátiles y disminuyen la concentración de amoníaco ruminal, así como, la producción de metano, lo que se considera cambios deseables en el ambiente ruminal (Kalantar, 2018). Entre las plantas, cuyos extractos han tenido concentraciones altas de flavonoides se encuentran la uva, romero, cempasúchil. Las concentraciones del extracto acuoso de *L. marginatus* son de 100 a 125 mg/g en extractos acuoso y metanólico respectivamente, comparado con la concentración de flavonoides en romero, que van desde ~39.3 mg/g (Mulinacci et al., 2011) to 523 mg/g (Romo et al., 2012), 28.6 a 93.3 mg/g en extractos etanolicos de cultivares de cempasúchil (Wei et al., 2007) y en variedades de uva la concentración de flavonoides varia de 0.20 a 0.46 mg/g de peso fresco (Nile et al., 2013). Las concentraciones obtenidas de flavonoides en el extracto indican que *L. marginatus* es una fuente rica en este tipo de metabolitos secundarios.

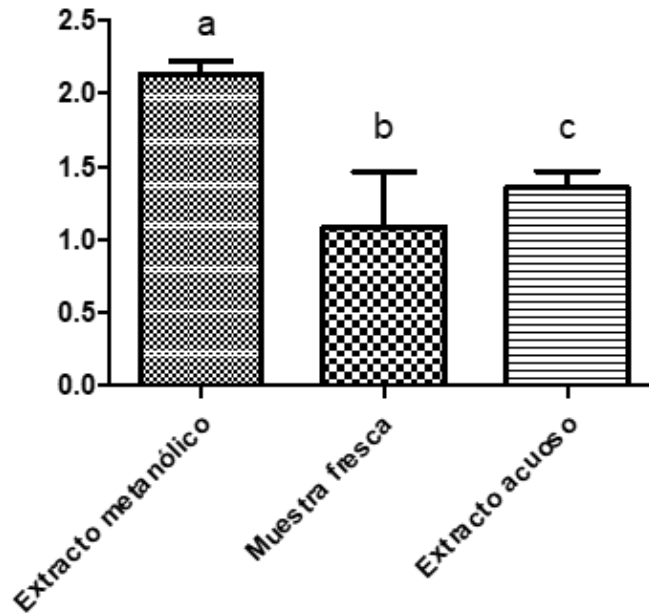


Gráfica 2 Flavonoides totales. Comparación de extracto metanólico, muestra fresca y extracto acuoso.

Taninos

Los taninos tienen un efecto sobre la metanogénesis inhibiendo el crecimiento o la actividad de los metanógenos del rumen por medio de mecanismos bactericidas o bacteriostáticos (Vélez, et al., 2014). De igual forma pueden afectar las bacterias celulolíticas y consecuentemente la fermentación de los carbohidratos a ácidos grasos de cadena corta (Bodas et al., 2012). La actividad antimetanogénica de los taninos se atribuye principalmente a los taninos condensados, los cuales disminuyen la producción de metano a través de una reducción en la digestión de la fibra (Vélez, et al., 2014). Los valores de taninos se indican en la figura 6. Dependiendo de la cantidad, los taninos pueden tener un efecto benéfico o negativo en la ingesta de alimento y la absorción de nutrientes en rumiantes, valores de taninos menores a 50 g/kg tienen un efecto benéfico en rumiantes sin afectar la ingesta de alimentos ni la digestión de nutrientes (Huang et al., 2018).

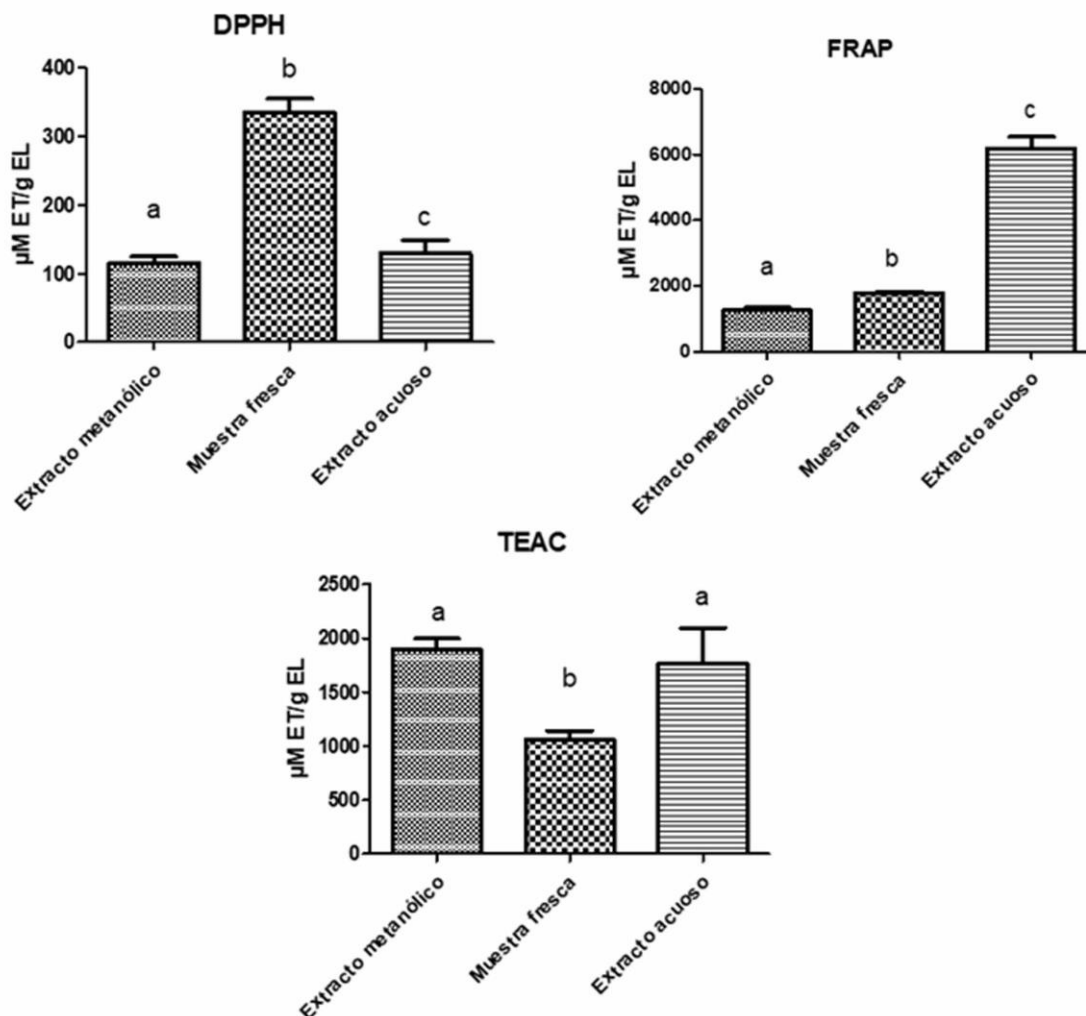
Huang, Q., Liu, X., Zhao, G., Hu, T., & Wang, Y. (2018). Potential and challenges of tannins as an alternative to in-feed antibiotics for farm animal production. *Animal Nutrition*, 4(2), 137–150. <https://doi.org/10.1016/J.ANINU.2017.09.004>



Gráfica 3 Taninos. Comparación de extracto metanólico, muestra fresca y extracto acuoso.

Capacidad antioxidante

Los valores encontrados de capacidad antioxidante por FRAP y DPPH (Figura 7) en los extractos de *L. marginatus*, son similares a los encontrados en uva (*Vitis vinifera* L.), especie que contiene valores altos de capacidad antioxidante que rondan de 500 a 1700 $\mu\text{mol TEAC } 100 \text{ g}^{-1}$ (Franco et al., 2017). La capacidad antioxidante en los alimentos se relaciona con la calidad de las producciones como carne (mejorando las características organolépticas), huevos, leche, etc, además de ayudar a la reducción del uso de antibióticos (Mariano 2003).



Gráfica 4 Determinación de capacidad antioxidante mediante DPPH, FRAP y TEAC. Comparación de extracto metanólico, muestra fresca y extracto acuoso.

Análisis de compuestos fenólicos por HPLC

Los compuestos fenólicos identificados se observan en la tabla 6. El extracto acuoso presenta varios metabolitos que se encuentran en concentraciones más altas que los encontrados en el extracto acuoso, con excepción de la Catequina,

Quercetina, Ácido caféico y Ácido ferúlico que fueron concentraciones más altas en el extracto metanólico, sin embargo, el proceso de elaboración del extracto es más simple utilizando agua como solvente, conteniendo también estos metabolitos, sin la necesidad de utilizar un solvente más apolar que deba ser eliminado posteriormente, lo cual hace más sencilla su obtención y procesamiento. Algunos de los metabolitos identificados como la quercetina, ácido caféico, ácido cumárico y catequina son metabolitos secundarios encontrados en otras plantas como el Romero, uva o cempasúchil (Mulinacci et al., 2011; Romo et al., 2012; Wei et al., 2007 y Nile et al., 2013), cuyos extractos han sido utilizados como aditivos o fitoquímicos en dietas animales (Kour et al., 2021; Costa et al., 2022 y Yao et al., 2023), . Por ejemplo, el romero utilizado como suplemento en dietas para pato mejoró el crecimiento de los patos de carne entre el día 1 y el 21, además de mejorar la calidad de la carne del músculo de la pierna, posiblemente asociado con efectos antioxidantes y antiinflamatorios del extracto (Yao et al., 2023).

Los extractos de estas plantas son ricos en polifenoles y flavonoides, al igual que el extracto de *L. marginatus*. Uno de los flavonoides contenido en extractos de estas plantas y que se ha utilizado como fitoquímicos, es la quercetina, que se asocia a la disminución y supresión de producción de metano, sin afectar la fermentación en el rumen (Seradj et al., 2014). Se utiliza como aditivo fitogenético en la alimentación de pollos debido a una amplia variedad de efectos beneficiosos esperados sobre el rendimiento del crecimiento, la estabilidad a la oxidación, la calidad de los huevos y la carne, las características inmunes y la antiinflamación (Bhutto et al., 2018). Los metabolitos secundarios identificados en *L. marginatus* tienen concentraciones similares a las encontradas en otros extractos usados como aditivos en dietas animales, por lo que este representa una opción viable para pruebas posteriores en dietas animales.

Tabla 6. Análisis de compuestos fenólicos por medio de HPLC-DAD

Compuestos	Tiempo de retención	Extracto metanólico	Extracto acuoso	P
Catequina	10.848	15363.00 ± 0.03*	12593.00 ± 13.04	<0.0500
Epicatequina	11.547	828.30 ± 58.77	1288.00 ± 21.18*	<0.0500
Epigallocatequin galato	11.799	4532.00 ± 77.00	5345.00 ± 3.46*	<0.0500
Rutina	12.895	1888.00 ± 28.20	1235.00 ± 626.70	0.1000
Quercetina	18.44	1651.00 ± 147.10*	1376.00 ± 8.35	<0.0500
Ácido cloregénico	10.575	96489.00 ± 291.20	102337.00 ± 181.30*	<0.0500
Ácido cumárico	14.419	184728.00 ± 666.60	184728.00 ± 71028.00	<0.0500
Ácido gálico	7.49	13223.00 ± 119.70	32093.00 ± 5976.00*	<0.0500
Ácido hidroxibenzóico	12.345	11672.00 ± 6233.00	79726.00 ± 30061.00*	<0.0500
Ácido hidroxifenilacético	9.885	385781.00±1313.00	467424.00±9587.00*	<0.0500
Ácido sinápico	11.67	14137.00±256.60	15487.00±1218.00	0.1000
Ácido caféico	11.823	6594.00±4585.00*	22697.00±1062.00	<0.0500
Ácido ferúlico	15.347	94700.00 ± 7881.00*	65375.00 ± 9193.00	<0.0500
Total		200,000	5544545	

Análisis Químico Proximal

Los análisis de AQP muestran resultados similares en los porcentajes de contenido de cenizas, extracto etéreo, proteína cruda y fibra (FDN) para la dieta de engorda, dieta de engorda más el extracto y el extracto de *Lophocereus marginatus*. En cuanto al análisis de AQP de las partes vegetales del *Lophocereus*, este contenía 16% de ceniza, 1.5% de extracto etéreo, 6.5% de proteína cruda y 17% de FDN (Figura 8).

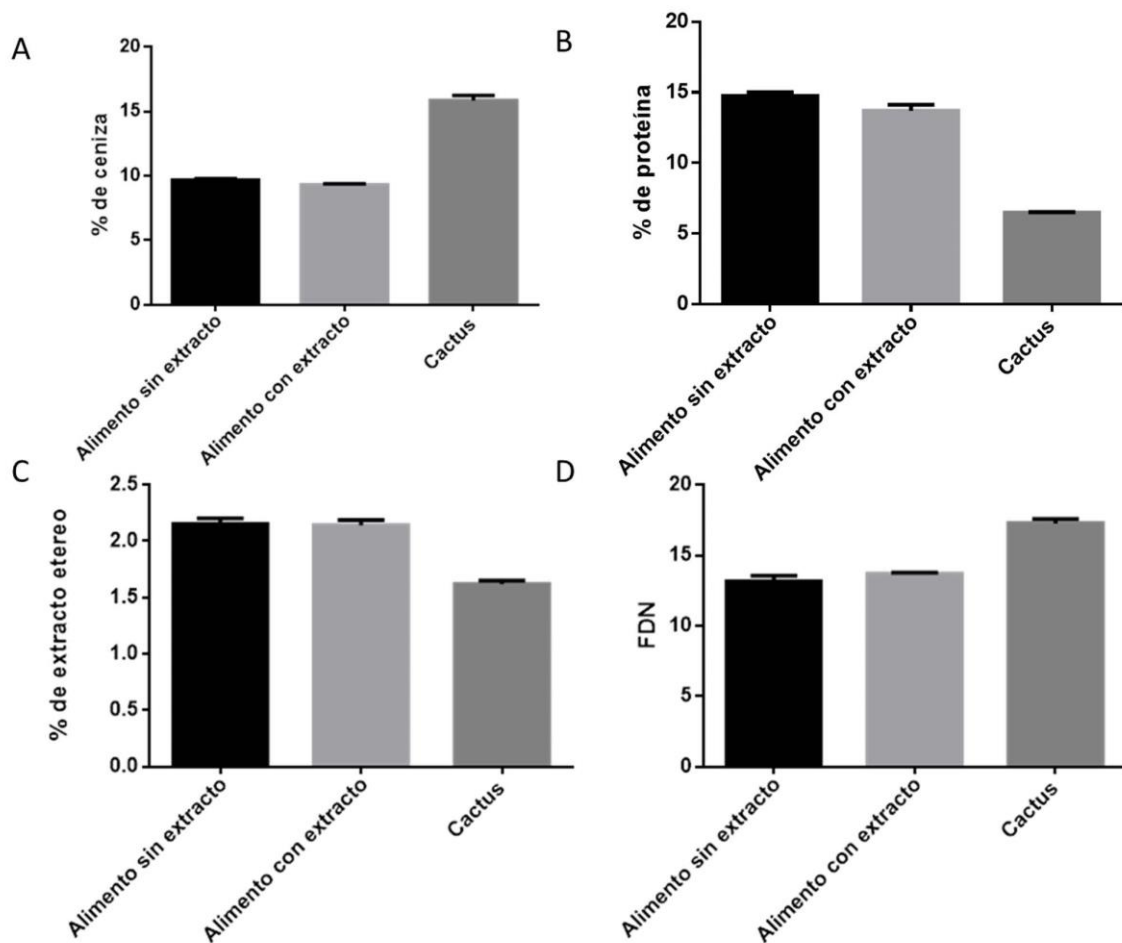


Figura 4 Resultados % de ceniza, % de proteína, % EE y FDN

En otras plantas pertenecientes a las cactáceas, se ha reportado 0.08% de ceniza, 0.94% de proteína en cladodio de opuntia de un mes de edad y valores de ceniza de 1.6% y 0.48% de proteína en cladodios de opuntia de 1 año (Guzmán et al., 2007). Los valores encontrados para *Lophocereus marginatus* tienen porcentajes de ceniza y proteína, más altos que el nopal, por lo que podrían ser una fuente para proponer nuevas dietas en animales. Sin embargo, es necesario analizar un esquema para la producción de cantidades vegetales suficientes de esta planta, ya que, su crecimiento es más lento que el del nopal, además de ser necesario un análisis más exhaustivo de los componentes del extracto y de la planta, para determinar la presencia o ausencia de moléculas que pudieran tener algún efecto en la toxicidad animal. Es difícil asignar los efectos encontrados de ganancia de peso en la prueba piloto a un único factor, sin embargo, es posible que la ganancia de peso pueda relacionarse con la presencia de los metabolitos secundarios identificados, principalmente compuestos fenólicos, los cuales se encuentran en concentraciones altas en el extracto.

CONCLUSIÓN

Estudios previos indican la necesidad de utilizar metabolitos secundarios aislados, para observar el o los efectos de cada grupo de metabolitos en la nutrición animal y así poder establecer una relación entre ellos, sin embargo, el efecto de los metabolitos secundarios, administrados en forma de extracto crudo han demostrado efectos favorables en la nutrición animal, por lo tanto más ensayos en este sentido son necesarios. Los fitoquímicos analizados en este trabajo indican que el extracto acuoso de *L. marginatus* es una fuente viable para la obtención de moléculas con potencial farmacéutico y nutricio. Los metabolitos con las concentraciones más altas corresponden a compuestos fenólicos y flavonoides, así como, una elevada capacidad antioxidante. Por lo anterior se propone a *L. marginatus* como un posible candidato para pruebas en dietas *animales* que podría ser utilizado como un aditivo para mejorar la productividad en animales de traspatio, no obstante, los análisis con relación a toxicidad y a las concentraciones que podrían ser utilizadas para cada grupo animal, son necesarias.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmadipour B, Hassanpour H, Asadi E, Khajali F, Rafiei F et al. (2015) *Kelussia odoratissima* Mozzaf– A promising medicinal herb to prevent pulmonary hypertension in broiler chickens reared at high altitude. J Ethnopharmacol 159:49- 54.
- Ahmadipour B, Kalantar M, Hosseini SM, Yang LG, Kalantar MH, et al. (2017) *Hawthorn (Crataegus Oxyacantha) Extract in the Drinking Water of Broilers on Growth and Incidence of Pulmonary Hypertension Syndrome (PHS)*. Brazil J Poult Sci 19(4):639-644.
- Alagawany M, El-Hack MEA, Saeed M, Arain MA, Bhutto ZZ, Faslani SA, et al. *Effect of some phytogetic additives as dietary supplements on performance, egg quality, serum biochemical parameters and oxidative status in laying hens*. Indian J Anim Sci. 2017;87(103):100.
- Alayón-Gamboa, J.A.; Jiménez-Ferrer, G.; Piñeiro-Vázquez, Á.T.; Canul-Solís, J.; Albores-Moreno, S.; Villanueva-López, G.; Nahed-Toral, J.; Ku-Vera, J.C. (2018). *Estrategias de mitigación de gases de efecto invernadero en la ganadería*. Agroproductividad: Vol.11 pp: 9-15
- Arias, S y Terrazas, T. (2006). *Análisis cladístico del género Pachycereus (Cactaceae) con caracteres morfológicos*. Brittonia, 58 (3), 2006, pp. 197-216. The New York Botanical Garden Press, Bronx, NY 10458-5126 U.S.A.
- Arias, S.; Gama-López, S.; Gúzman-Cruz, L. & Vázquez-Benitez,; B. 12 Lophocereus pp:68-71. *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Instituto de Biología, UNAM. fascículo 95. Cactaceae, 2012.
- Benavides, L., (2023). *Evaluación de una fórmula polihierbal funcional en el comportamiento productivo y calidad de la carne en corderos*. Colegio de

postgraduados. Postgrado de recursos genéticos y productividad ganadería. Estado de México.

Bodas, R., López, S., Fernández, M., García-González, R., Wallace, R., González, J. (2001) *Selección de aditivos fitogénéticos para reducir la metanogénesis ruminal*. Dpto. Producción Animal. Universidad de León.

Bhutto ZA, He F, Zloh M, Yang J, Huang J, Guo T, Wang L. *Use of quercetin in animal feed: effects on the P-gp expression and pharmacokinetics of orally administrated enrofloxacin in chicken*. Sci Rep. 2018 Mar 13;8(1):4400. doi: 10.1038/s41598-018-22354-1. PMID: 29535328; PMCID: PMC5849680.

Cabrera, A., Rojas, P., Renteria, I., Serrano, A. y López, M. (2007). *Influencia de la suplementación sobre la ganancia de peso y calidad de la canal en borregos Dorper/Katahdin*. Facultad de Ciencias Biológicas Agropecuarias, Universidad. Revista UDO Agrícola 7 (1): 245-251.

Calderón, J., Santoyo, V., Martínez, E. & Palacio, V. (2022) *Modelo de negocio para la producción de ovinos en el nororiente y centro del Estado de México*. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. Vol. 13

Camacho, J., Hernández, J., Villarreal Espino, O., Franco, F. & Camacho, C. (2018). *Análisis económico de la engorda de ovinos en una granja integral en el estado de Puebla, México*, Revista Mexicana de Agronegocios, vol. 42, pp. 819-827.

Carro, M., Saro, C., Mateos, I., Díaz, A. y Ranilla, M. s. f. *Perspectivas y restos de los extractos vegetales como aditivos alimentarios en rumiantes*. P.4 Dpto. de Producción Animal, Universidad Politécnica de Madrid.

Casas, A. (2002). *Uso y manejo de cactáceas columnares mesoamericanas*. CONABIO. Biodiversitas 40:18-23

Castillo, A, Burrola, M, Domínguez, J, & Chávez, A. (2014). *Rumen microorganisms and fermentation*. Archivos de medicina veterinaria, 46(3), 349-361.

- Cifuentes, O. y González, Y. (2013). *Evaluación de la levadura (Saccharomyces cerevisiae) en la ganancia de peso de ovinos criollos*. Facultad de Ciencias Agrarias, Fundación Universitaria Juan de Castellanos Grupo de Investigación INPANTA. Vol. 3. pp 41-49.
- Cruz, R. (2010) *Manual de Producción Ovina*. Sitio Argentino de Producción Animal. pp 6
- Costa, Mónica M., Cristina M. Alfaia, Paula A. Lopes, José M. Pestana, and José A. M. Prates. 2022. "Grape By-Products as Feedstuff for Pig and Poultry Production" *Animals* 12, no. 17: 2239. <https://doi.org/10.3390/ani12172239>
- FAO, (2018). *Ecología del cultivo, manejo y usos del nopal*. <https://www.fao.org/3/i7628es/I7628ES.pdf>
- Franco-Bañuelos, A., Contreras-Martínez, C. S., Carranza-Téllez, J., & Carranza Concha, J. (2017). *Total phenolic content and antioxidant capacity of non-native wine grapes grown in Zacatecas, Mexico*. *Agrociencia*, ISSN-e 1405-3195, Vol. 51, No. 6, 2017, Págs. 661-671, 51(6), 661–671. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6352650&info=resumen&idioma=ENG>
- Gochi, L. (2016). *El uso de subproductos y aditivos en la alimentación ovina*. Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Universidad Nacional Autónoma de México.
- Godínez, R. (2018). *Caracterización fenólica y capacidad antioxidante de diferentes extractos de Cnidoscolus aconitifolius (Miller) I.M. John*. Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ciencias Naturales
- Guzmán Loayza, D., & Chávez, J. (2007). *Estudio bromatológico del cladodio del nopal (Opuntia ficus-indica) para el consumo humano*. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 73(1), 41–45.

- He X, Hao D, Liu C, Zhang X, Xu D, Xu X, et al. *Effect of supplemental oregano essential oils in diets on production performance and relatively intestinal parameters of laying hens*. Am J Mol Biol. 2017;7:73–85.
- Hernández, N. (2022) *Caracterización nutricional de la Guásima (Guazuma ulmifolia) como alternativa para alimentación de ovinos*. Universidad Autónoma de Querétaro Facultad de Ciencias Naturales Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable
- Hernández, J. (2018). *Fitobióticos en el comportamiento productivo y características de la canal de corderos en la finalización*. Universidad Autónoma Chapingo Departamento de enseñanza investigación y servicio en zootecnia Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera
- Hervé, M. (2013). *Carne Ovina: Producción, características y oportunidades en lo que hoy demanda el consumidor nacional e internacional*. Agrimundo. Inteligencia Competitiva para el sector Agroalimentario.
- Hidalgo, M., (2020). *Evaluación de variables productivas con la inclusión de inmunoestimulante herbal en la dieta de ovinos en la finalización*, de Universidad Autónoma del Estado de México Centro Universitario UAEM Amecameca.
- Hutjens, M. (2013). *Fisiología digestiva y uso de aditivos alimenticios-rumiantes*. University of Illinois, Urbana. XXIX Curso de especialización FEDNA
- Instituto Nacional de Ecología. (1999). *Programa de manejo reserva de la biosfera sierra gorda*. 22/02/21, de SEMARNAT.
- Jin LZ, Dersjant-Li Y, Giannenas I. Chapter 10-Application of aromatic plants and their extracts in diets of broiler chickens. In: Florou-Paneri P, Christaki E, Giannenas I, editors. *Feed Additives*. London: Academic Press; 2020. p. 159–85.
- Kalantar M. *The Importance of Flavonoids in Ruminant Nutrition*. Arch Animal Husb & Dairy Sci. 1(1): 2018. AAHDS.MS.ID.000504

- Kannan G, Heath JL, Wabeck CJ, Mench JA. *Shackling of broilers: Effects on stress responses and breast meat quality*. Br Poult Sci. 1997;38:323–32.
- Kour, G., Sharma, R. K., Khan, N., Pathak, A. K., Rastogi, A., & Sharma, V. K. (2021). *Spent marigold flower meal as an alternate feed for goats*. *Tropical animal health and production*, 53(4), 430. <https://doi.org/10.1007/s11250-021-02875-0>
- Macedo, R. y V. Arredondo 2008. *Efecto del sexo, tipo de nacimiento y lactancia sobre el crecimiento de ovinos Pelibuey en manejo intensivo*. Archivos de Zootecnia 57(218):219-228.9
- Mahfuz, S., Shang, Q., & Piao, X. (2021). *Phenolic compounds as natural feed additives in poultry and swine diets: a review*. *Journal of Animal Science and Biotechnology 2021* 12:1, 12(1), 1–18. <https://doi.org/10.1186/S40104-021-00565-3>
- Martínez de Acurero, M., J. Bravo, M. Betancourt, I. Bracho y H. Quintana. (2002). *Influencia de la suplementación proteica sobre el crecimiento de corderos post destete*. Zootecnia Tropical 20 (3):307-318
- Mariano, S. 2003. *Antioxidantes biomoleculares en nutrición animal-calidad de la carne con bioflavonoides*. Il seminario internacional sobre producción, mercado e inocuidad de carne se Suinos, Florianópolis Brasil. 4-8.
- Martínez, G. (2013). *Estudio de los mecanismos de acción de compuestos que modifican la fermentación ruminal en pequeños rumiantes*. Dialnet.
- Mejía Haro, J., Delgado Hernández, J. L., Mejía Haro, I., Guajardo Hernández, I., & Valencia Posadas, M. (2011). *Efectos de la suplementación con bloques multinutricionales a base de nopal fermentado sobre la ganancia de peso de ovinos en crecimiento*. Acta Universitaria, 21(1), 11-16.
- Mühlbach, Paulo. (2001). *Uso de aditivos para mejorar el ensilaje de los forrajes tropicales*. FAO.
- Mulinacci N., Innocenti M., Bellumori M., Giaccherini C., Martini V., Michelozzi M. *Storage method, drying processes and extraction procedures strongly affect the phenolic*

fraction of rosemary leaves: An HPLC/DAD/MS study. Talanta. 2011;85:167–176. doi: 10.1016/j.talanta.2011.03.050.

M.D. Carro, M.J. Ranilla Y M.L. Tejido (2006). *Utilización de aditivos en la alimentación del ganado ovino y caprino. Pequeños Rumiantes, 7, 26-37*

Nile SH, Kim SH, Ko EY, Park SW. *Polyphenolic contents and antioxidant properties of different grape (V. vinifera, V. labrusca, and V. hybrid) cultivars. Biomed Res Int. 2013;2013:718065. doi: 10.1155/2013/718065. Epub 2013 Aug 21. PMID: 24027762; PMCID: PMC3763574.*

NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, *Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.*

Núñez-Torres, Oscar Patricio. (2017). *Los costos de la alimentación en la producción pecuaria. Journal of the Selva Andina Animal Science, 4(2), 93-94. Recuperado en 08 de junio de 2023, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2311-25812017000200001&lng=es&tlng=es.*

Lemos Figueroa, Marisel, Baca del Moral, Julio, & Cuevas Reyes, Venancio. (2018). *Pobreza e inseguridad alimentaria en el campo mexicano: Un tema de política pública no resuelto. Textual: análisis del medio rural latinoamericano, (71), 71-105. <https://doi.org/10.5154/r.textual.2017.71.004>*

Linares, C. (2015) *Respuesta animal en bovinos, sometidos al consumo de ensilado inoculado con aditivos biológicos, como mejoradores de la calidad nutricional de la dieta, Chiquimula, Guatemala. Licenciatura tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala.*

Olmedo, A., Rojo, R., Arece, J., Salem, A., Morales, E., Albarrán, B., Lee, Héctor., & Vázquez, J. (2015). *Extracto de Lysiloma acapulcensis en la digestibilidad y*

fermentación ruminal de una dieta para ovinos. Ecosistemas y recursos agropecuarios, 2(5), 173-182

Plascencia, A. y Estrada, A. (2016). *Evaluación de aditivos alimenticios sobre la respuesta productiva de ovinos finalizados en corral. 1° seminario internacional ovino-caprino*, La Habana, Cuba.

Pereira, A.; Maycotte, C.; Restrepo, B.; Mauro, F.; Calle, A. & Velarde, M. (2011). *Sistemas de Producción animal 1*. Primera edición, Colombia. Pp 108

Ravindran, V. (2010). *Aditivos en alimentación animal: presente y futuro*. Institute of Food, Nutrition and Human Health, Massey University, Palmerston North 4442, New Zealand

Rivero, R., Rodríguez, E., Menéndez, R., Fernández, J., Barrio, G., & González, M. (2002). *Obtención y caracterización preliminar de un extracto de Aloe vera L. con actividad antiviral*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 7(1), 32-38

Rodríguez, R., Lores, J. Gutiérrez, D., Ramírez, A., Gómez, S. Elías, A.; Aldana, A.I. Moreira, O. Sarduy, L. Jay, O. (2013). *Inclusión del aditivo microbiano Vitafert en la fermentación ruminal in vitro de una dieta para cabras*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 47, núm. 2, pp. 171-178 Instituto de Ciencia Animal La Habana, Cuba.

Romo-Vaquero M., Yáñez-Gascón M.J., Villalba R., Larrosa M., Fromentin E., Ibarra A., Roller M., Tomás-Barberán F., de Gea J.C., García-Conesa M.T. *Inhibition of gastric lipase as a mechanism for body weight and plasma lipids reduction in Zucker rats fed a rosemary extract rich in carnosic acid*. *PLoS ONE*. 2012;7:e39773. doi: 10.1371/journal.pone.0039773.

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, (2020). *Recursos fitogenéticos, seguridad alimentaria con futuro*. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/recursos-fitogeneticos-seguridad-alimentaria-con-futuro?idiom=es>

- Sánchez, F. (2022). *Fitoquímica*. Universidad Nacional Autónoma de México Facultad De Estudios Superiores Zaragoza. pp:79-107. <https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/2022/Publicaciones/libros/cbiologia/Fitoquimica.pdf>
- Saro, C., Mateos, I., Ranilla., M. Dolores, M. (2017). *Uso de probióticos para mejorar la salud digestiva de los rumiantes*. Sitio argentino de Producción Animal. Depto. de Producción Agraria, Universidad Politécnica de Madrid.
- Seradj AR, Abecia L, Crespo J, Villalba D, Fondevila M, Balcells J (2014) *The effect of Bioflavex® and its pure flavonoid components on in vitro fermentation parameters and methane production in rumen fluid from steers given high concentrate diets*. Anim Feed Sci Technol 197: 85-91.
- Silva, J., Moura, A., Santos, E. (2005) *Additive use in the nutrition of ruminants*. Revista Electronica de Veterinaria. REDVET, vol VI, núm 11, pp. 1-23.
- Soria, G. & Palacio, V. (2014). *El escenario Actual de la Alimentación en México*. Textos y Contextos (Porto Alegre), v. 13, n. 1, p. 128-142
- Sosa, A. (2017). *La disponibilidad de alimentos en México: un análisis de la producción agrícola de 35 años y su proyección para 2050* Papeles de Población, vol. 23, núm. 93
- Peñarrieta, J. Mauricio; Tejeda, Leslie; Mollinedo, Patricia; Vila, José L.; Bravo, José A. *Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos* Revista Boliviana de Química, vol. 31, núm. 2, julio-diciembre, 2014, pp. 68-81 Universidad Mayor de San Andrés La Paz, Bolivia
- Química, vol. 31, núm. 2, julio-diciembre, 2014, pp. 68-81 Universidad Mayor de San Andrés La Paz, Bolivia
- Troncoso, H., (2015). *El uso de aditivos en la alimentación de bovinos*. 02/04/2021, de Depto. de Nutrición Animal y Bioquímica FMVZ, UNAM.

- Vallejo, L. (2017). *Eficiencia del uso de enzimas exógenas y sus impactos sobre el metabolismo ruminal, la digestibilidad y respuesta productiva en rumiantes*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Wei Li, Yanxiang Gao, Jian Zhao, and Qi Wang. 2007. *Phenolic, Flavonoid, and Lutein Ester Content and Antioxidant Activity of 11 Cultivars of Chinese Marigold*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 55 (21), 8478-8484. DOI: 10.1021/jf071696j
- Ulewicz-Magulska, B., & Wesolowski, M. (2019). *Total Phenolic Contents and Antioxidant Potential of Herbs Used for Medical and Culinary Purposes*. *Plant Foods for Human Nutrition (Dordrecht, Netherlands)*, 74(1), 61. <https://doi.org/10.1007/S11130-018-0699-5>
- Yan L, Meng Q, Kim I. *The effect of an herb extract mixture on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics and fecal noxious gas content in growing pigs*. *Livest Sci*. 2011;141:143–7.
- Yao Y, Liu Y, Li C, Huang X, Zhang X, Deng P, Jiang G, Dai Q. *Effects of rosemary extract supplementation in feed on growth performance, meat quality, serum biochemistry, antioxidant capacity, and immune function of meat ducks*. *Poult Sci*. 2023 Feb;102(2):102357. doi: 10.1016/j.psj.2022.102357. Epub 2022 Nov 19. PMID: 36502565; PMCID: PMC9763849.

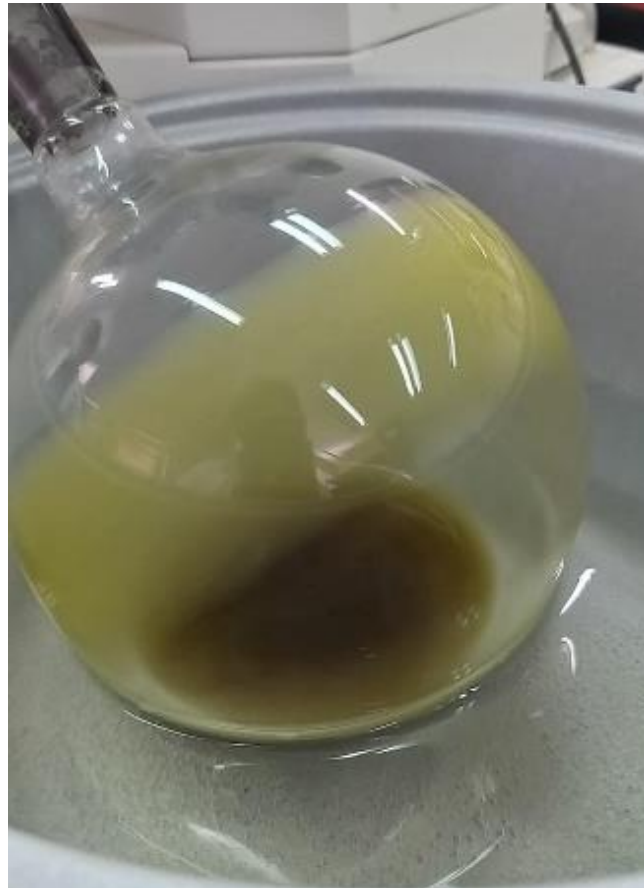
ANEXOS

Imágenes de los procesos de las pruebas en el laboratorio

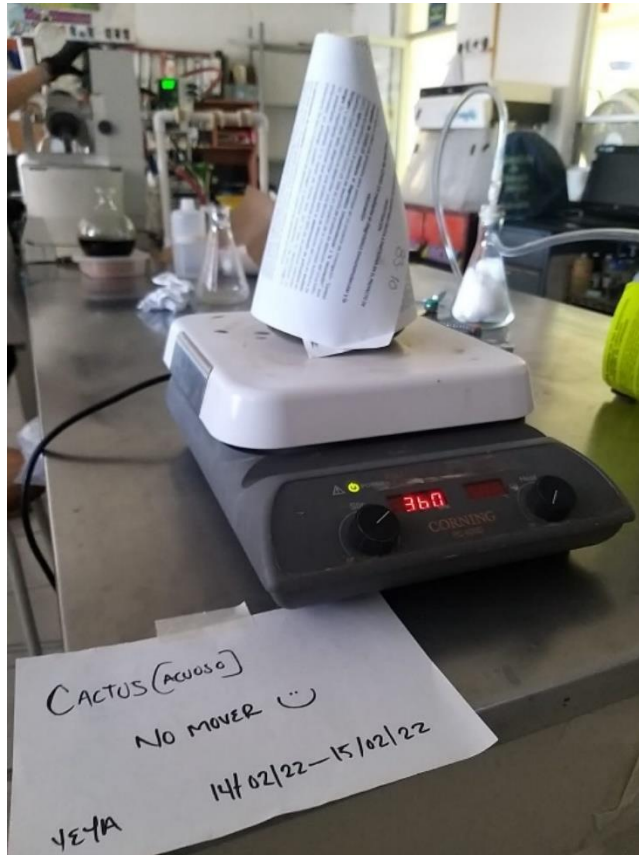


Secado en horno

Roto-evaporación



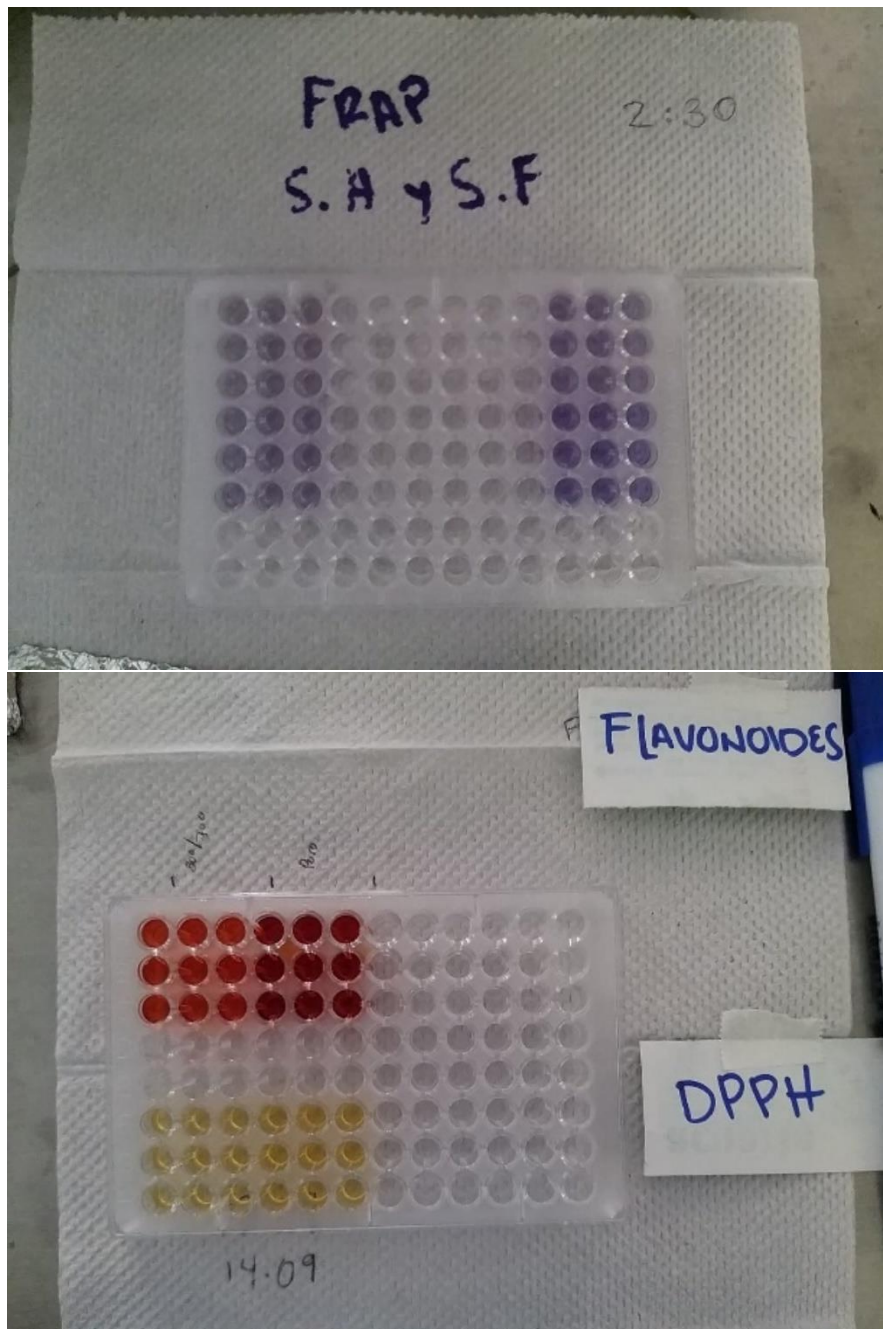
Agitación magnética en ausencia de luz



Corte de cactus *L. marginatus*



Análisis colorimétricos



Análisis Químicos Próximal

Extracto etéreo



Porcentaje de Materia Seca

Ceniza



Proteína



Energía

