



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC

LICENCIATURA DE INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

RESPUESTA PRODUCTIVA DE OVINOS EN ENGORDA INTENSIVA

SUPLEMENTADOS CON VAINAS DE *Acacia farnesiana*

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

PRESENTAN:

ALFREDO NAJERA PÉREZ

DAVID MARCIAL POPOCA MARTÍNEZ

ASESOR:

DR. EN C. ROLANDO ROJO RUBIO

COASESOR:

DR. EN CARN. FRANCISCA AVILÉS NOVA

Agosto de 2023

Tabla de contenido

I. RESUMEN.....	9
II. ABSTRACT.....	10
III. INTRODUCCION	11
IV. REVICION DE LITERATURA.....	12
4.1 Antecedentes de la ovino cultura.....	12
4.1.1 Inventario Mundial	12
4.2 Razas ovinas.....	17
4.2.1 Black Belly	18
4.2.2 Charollais.....	18
4.2.3 Dorper.....	18
4.2.4 Hampshire	19
4.2.5 Katahdin.....	19
4.2.6 Pelibuey	19
4.2.7 Suffolk.....	20
4.2.8 Raza Merino	20
4.2.9 Raza Dorset.....	21
4.3 La Producción De Carne De Ovinos En México	22
4.4 Sistemas de producción.....	23
4.4.1 Sistema De Producción Intensivo O Estabulado.....	23
4.4.2 Sistema De Producción Semi-Intensivo	25
4.4.3 Sistema de producción extensivo:.....	25
4.4.4 Sistema Silvopastoril	26
4.5 Función E Importancia Del Sistema Digestivo De Los Rumiantes	26
4.5.1 Ecosistema Ruminal Y Fermentación Microbiana.....	28

4.6 Consumo De Materia Seca De Ovinos	29
4.6.1 Especie Y Raza	34
4.6.2 Sexo Y Factores Asociados.....	35
4.6.3 Etapa Fisiológica	35
6.6.4 Etología Y Manejo	36
6.6.5 Fases Del Consumo Voluntario	36
6.7 La Ganancia De Peso De Ovinos	37
6.8 Importancia De Las Leguminosas En La Alimentación Del Ganado	38
6.9 Características Botánicas De <i>Acacia Farnesiana</i>	39
6.10 Algunos Aspectos Del Uso De Leguminosas En La Alimentación De Rumiantes	43
6.11 Uso De Árboles Forrajeros En La Alimentación De Ovinos.....	44
6.12 Los Forrajes En La Alimentación Animal	45
6.13 Utilización De Arbóreas En Sistemas Extensivos.....	46
6.14 Arbóreas En Sistemas Intensivos	46
6.15 Compuestos Secundarios.....	47
6.15.1 Taninos	48
VII. JUSTIFICACION	51
VIII. HIPOTESIS	52
IX. OBJETIVOS	53
9.1 GENERAL.....	53
9.2 PARTICULARES	53
X. MATERIALES Y MÉTODOS	54
10.1 Sitio Experimental	54
10.2 Recolección Del Material Vegetal	54

10.3 Preparación de las dietas y tratamientos.....	55
10.4 Animales, manejo y tratamientos.....	60
10.5 Variables.....	61
10.6 Diseño experimental.....	62
10.7 Modelo estadístico.....	62
10.8 Alimentación.....	63
XI. RESULTADOS ETAPA DE CRECIMIENTO Y FINALIZACIÓN.....	63
11.1 Respuesta Productiva De Los Ovinos En La Etapa De Crecimiento.....	64
11.1.1 Peso Vivo Inicial.....	65
11.1.2 Peso Vivo Final.....	66
11.1.3 Consumo De Materia Seca.....	67
11.1.4 Ganancia Diaria De Peso.....	68
11.1.5 Ganancia Total De Peso.....	69
11.1.6 Eficiencia Alimenticia.....	70
11.2 Respuesta Productiva De Los Ovinos En La Etapa De Finalización.....	71
XII. DISCUSIÓN.....	77
XIII. CONCLUSIONES.....	81
XIV. LITERATURA CITADA.....	82
XV. ANEXOS.....	88
15.1 Técnicas Utilizadas En El Laboratorio Para Determinar La Composición Química De Las Dietas Experimentales.....	88
15.1.1 Humedad Y Materia Seca.....	88
15.1.2 Proteína Cruda Por El Método Micro-Kjeldahl.....	90
15.1.3 Fibra Detergente Neutro (FDN) En Alimentos, Técnica De La Bolsa De Filtro (ANKOM200).....	93

15.1.4 Fibra Detergente Ácido (FDA) En Alimentos, Técnica De La Bolsa De Filtro (ANKOM200)	96
15.1.5 Extracto Etéreo (Grasa).....	99

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Población Mundial de Ovinos (Millones).....	12
Figura 2. Distribución Continental de la Población Ovina.	13
Figura 3. Distribución de ovinos en el mundo por países en el año 2017 (FAO, 2019).	14
Figura 4. Población ovina en el continente americano de 2014 a 2017 (FAO, 2019).	15
Figura 5. Distribución de población ovina en países del continente americano en 2017 (FAO, 2019).....	16
Figura 6. Población Ovina de La República Mexicana por Año.....	16
Figura 7. Acacia farnesiana.....	40
Figura 8. Geolocalización del Centro Universitario UAEM Temascaltepec.	54
Figura 9. Frutos secos triturados de Acacia farnesiana.....	55
Figura 10. Elaboración de dietas crecimiento y finalización.	56
Figura 11. Peso vivo inicial de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de crecimiento.(EEM=0.44 . valor de P=0.02).....	65
Figura 12. Peso vivo final de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de crecimiento.	66
Figura 13. Consumo de materia seca de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de crecimiento.	67
Figura 14. Ganancia diaria de peso de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de crecimiento.	68
Figura 15. Ganancia total de peso de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de crecimiento.	69
Figura 16. Eficiencia alimentaria de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de crecimiento.	70
Figura 17. Peso vivo inicial y peso vivo final de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de finalización.	72

Figura 18. Peso vivo final de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de finalización.....	73
Figura 19. Consumo de materia seca de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de finalización.....	73
Figura 20. Ganancia diaria de peso de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de finalización.....	74
Figura 21. Ganancia total de peso de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de finalización.....	75
Figura 22. Eficiencia alimentaria de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de finalización.....	76

INDICE DE CUADROS

cuadro 1. Categorías taxonómicas superiores.....	40
cuadro 2. Composición química del fruto de <i>Acacia farnesiana</i> (Armín et al., 2004).	42
Cuadro 3. Dietas experimentales para ovinos en crecimiento adicionadas con diferentes niveles de frutos secos triturados de <i>Acacia farnesiana</i>	56
Cuadro 4. Composición química (%) de dietas experimentales en crecimiento.	57
Cuadro 5. Dietas experimentales para ovinos en finalización adicionadas con diferentes niveles de frutos secos triturados de <i>Acacia farnesiana</i>	58
Cuadro 6. Composición química (%) de dietas experimentales en la etapa de finalización y de los frutos secos triturados de <i>Acacia farnesiana</i>	59
Cuadro 7. Comportamiento productivo de ovinos en etapa de crecimiento adicionados con diferentes niveles de frutos de <i>Acacia farnesiana</i>	64
<i>Cuadro 8. Comportamiento productivo de ovinos en etapa de finalización adicionados con diferentes niveles de frutos de <i>Acacia farnesiana</i>.....</i>	<i>71</i>

I. RESUMEN

La presente investigación evaluó el efecto de la inclusión de diferentes niveles de frutos secos triturados de *Acacia farnesiana* (FSTAf) en dietas para ovinos engordados en corral. Se utilizaron 32 ovinos (Katahdin x Charollais) con 20 ± 2.5 kg de PV, y edad de 70 ± 15 d. Se evaluaron cuatro tratamientos (niveles) de FSTAf (T0=0.0, T1=1.5, T2=3.0 y T3=4.5% de inclusión base seca). Se evaluó el crecimiento (21 d) y finalización (49 d) en términos de peso vivo final (PVF), consumo de materia seca (CMS), ganancia diaria y total de peso (GDP y GTP) y eficiencia alimenticia (EA). La adición de FSTAf no afectó ($P>0.05$) el CMS, pero efecto ($P<0.05$) GDP y GTP durante el crecimiento de los animales. En el periodo de finalización no se encontraron diferencias ($P>0.05$) en las variables de respuesta productiva. Se concluye que FSTAf mejora la ganancia de peso de los ovinos durante el periodo de crecimiento, por lo tanto, se recomienda su inclusión durante esta etapa.

Palabras clave: *Acacia farnesiana*, respuesta productiva, crecimiento y finalización

II. ABSTRACT

The present research tested the inclusion effect of different levels of dried crushed fruits from *Acacia farnesiana* (AfDCF) in diets for finalization lambs. Thirty-two lambs (Crossbred Katahdin x Charollais), 70 ± 15 d old and with a body weight of 20 ± 2.5 kg were used. Treatments were four levels of AfDCF T0=0.0, T1=1.5, T2=3.0 y T3=4.5%). The growing (21 d) and finalization (49 d) were tested. The response variables were: initial and final live weight (ILW and FLW), dry matter consumption (DMC), daily and total weight gain (DWG and TWG) and feed efficiency (FE). The results indicate that the AfDCF improves the weight gain in growing sheep, then it could be included in this stage of animal performance.

Key words: *Acacia farnesiana*, Sheep performance, growing and finished sheep

III. INTRODUCCION

La producción animal en las regiones marginadas de México se realiza al nivel de subsistencia con mínimo empleo de insumos externos. Esto ha motivado la búsqueda de alternativas alimenticias basadas en los medios naturales disponibles. La ganadería ovina es una actividad caracterizada por la funcionalidad que se le da a los productos que se obtienen de ella como son: piel, lana, leche y carne necesarios para satisfacer la demanda de las diferentes poblaciones en los diferentes sistemas de producción que se utilizan en la contribución a la dieta nacional de las personas y la importancia que da a la agricultura en las diferentes regiones (Hernández J et al., 2014)

Las leguminosas silvestres son utilizadas como forraje, de la mayoría se desconocen su valor nutricional, pero se sabe que su contenido de taninos es alto. Los taninos son compuestos considerados en muchas ocasiones como anti-nutricionales y se conoce que ocasionan problemas de toxicidad en rumiantes (Ephraim et al., 2005). Sin embargo, en los últimos años se han estudiado por sus propiedades benéficas sobre la digestión y absorción de nutrientes en cantidades moderadas.

Una de las principales características del presente trabajo es destacar el uso de los recursos forrajeros regionales pueden funcionar como fuentes nutrimentales para el ganado, ya que puede ser la base para conformar dietas de bajo costo que refuercen las estrategias de producción pecuaria en sistemas campesinos en pequeña escala. Es sabido que hasta el 75 % de los costos de producción en la ganadería lo constituyen los alimentos (Arriaga-Jordán *et al.*, 2001). El uso de vainas de *Acacia farnesiana* pueden ser utilizadas como fuentes de nutrientes de bajo costo para pequeños rumiantes (Perez-grovas, 1999). Sin embargo, se sabe que esta leguminosa arbustiva contiene taninos, que pueden afectar la respuesta productiva del ganado al disminuir la degradación de la fibra y la utilización de la proteína en el rumen.

IV. REVICION DE LITERATURA

4.1 Antecedentes de la ovino cultura

4.1.1 Inventario Mundial

De acuerdo con los datos obtenidos por la FAO, (2019) en la (figura 1) se observa que en el año 2014 la población de ovinos era de 1,128,335,444 y tuvo un aumento en el año 2017 de 1,202,000,000; equivalente al 6.5 % en el aumento de la población a nivel mundial en el periodo del año 2014. Los continentes de Asia y África son unos de los principales productores de ganado ovino teniendo un porcentaje de 70% de las cantidades antes mencionadas. El continente con menor población de ovinos es el continente americano teniendo una cantidad de 81, 307, 871 que equivale al 6.76% de las cantidades mencionadas que se reflejan en (Figura 2).

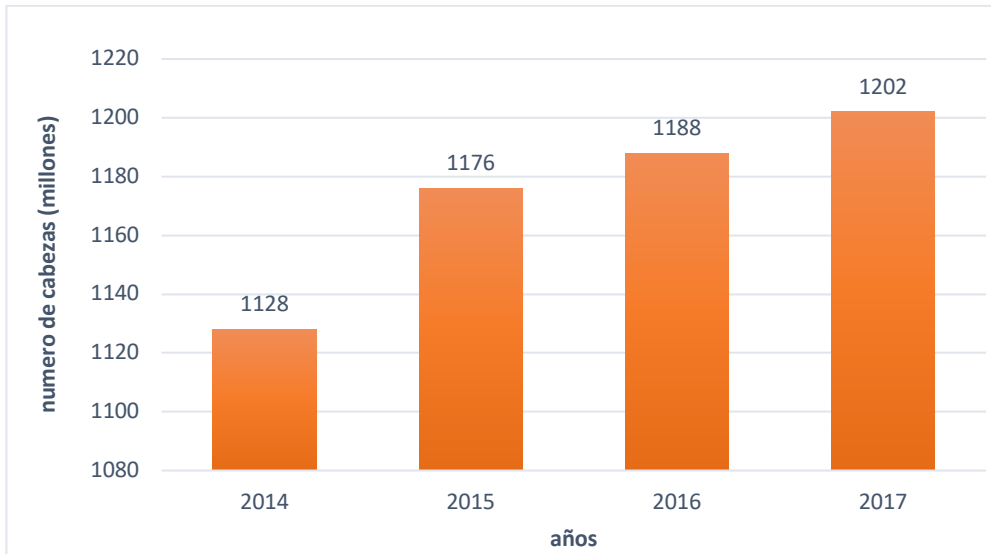


Figura 1. Población Mundial de Ovinos (Millones).

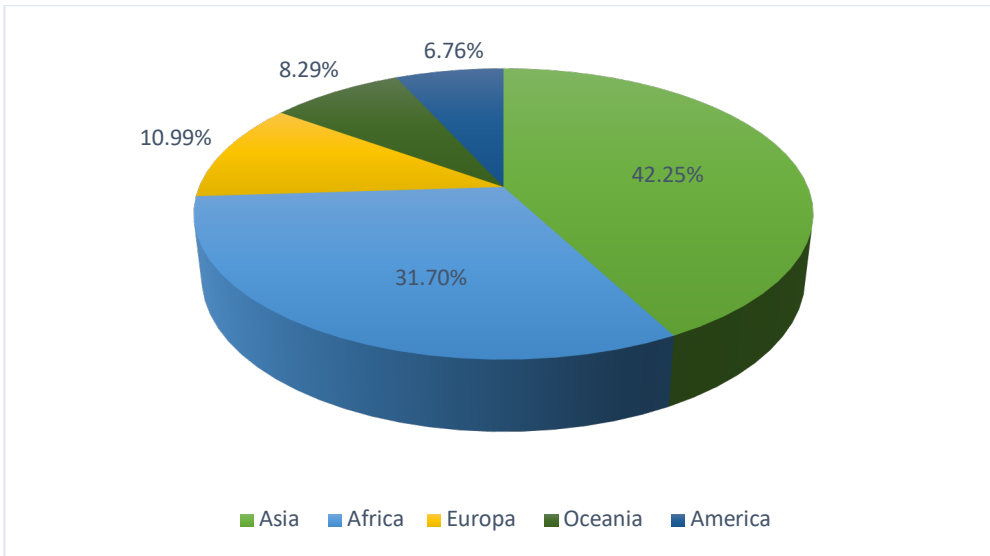


Figura 2. Distribución Continental de la Población Ovina.

Según lo publicado por FAO, (2019), podemos darnos cuenta que China es el país con el mayor número de cabezas de ganado ovino con el 13.41%, debido que esto se puede ver reflejado en la densidad poblacional que presenta o en el amplio territorio que comprende esta nación, después se encuentra Australia con 6.00% de la población, India con un 5,24% y Nigeria con 3.53 siendo estos 4 los países con mayor producción (figura 3).

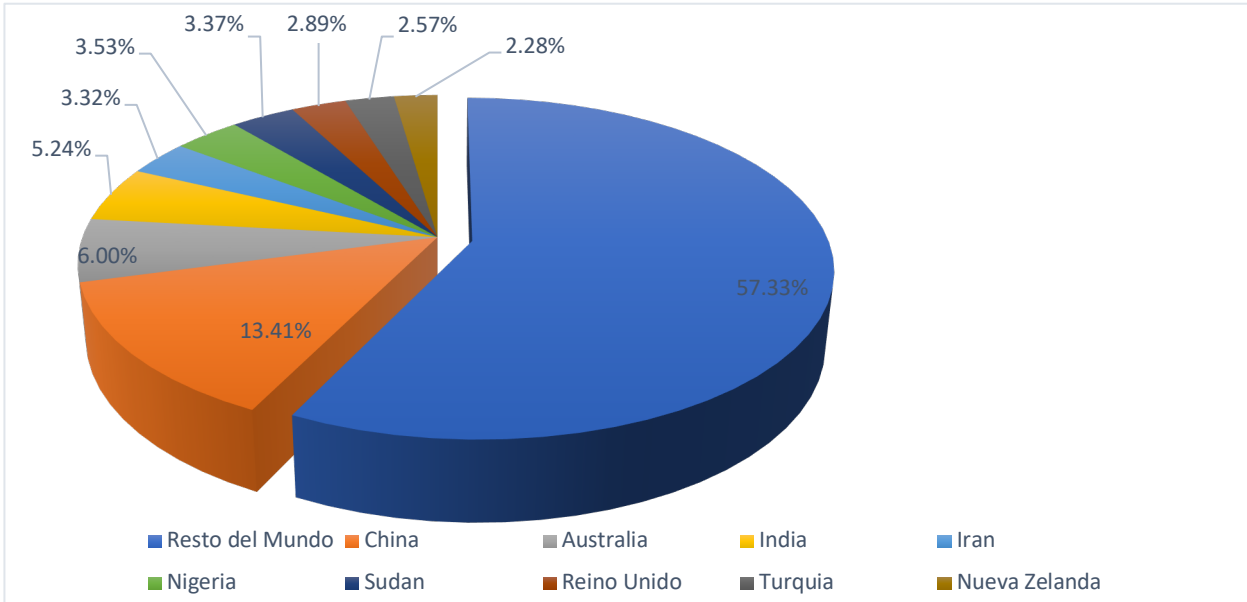


Figura 3. Distribución de ovinos en el mundo por países en el año 2017 (FAO, 2019).

De acuerdo a los datos presentados por FAO, (2019) (Figura 4) el continente Americano en el 2014 tenía una población de alrededor de 83, 969, 540 cabezas de ganado y con el inventario más reciente de 2017 contaba con 81, 307, 871 ovinos, dando como resultado una baja del 6.8% en la producción ovina, esta disminución se puede ver reflejada por la importación de canales congeladas que provienen de los países de China y Australia que son los máximos productores en ovinos, ubicando así al continente Americano en el último lugar de los cinco continentes en producción de ovinos, dados estos datos es importante considerar algunas mejoras en las condiciones y técnicas de producción, para así tener un aumento en la producción y ya no necesitemos importar más canales.

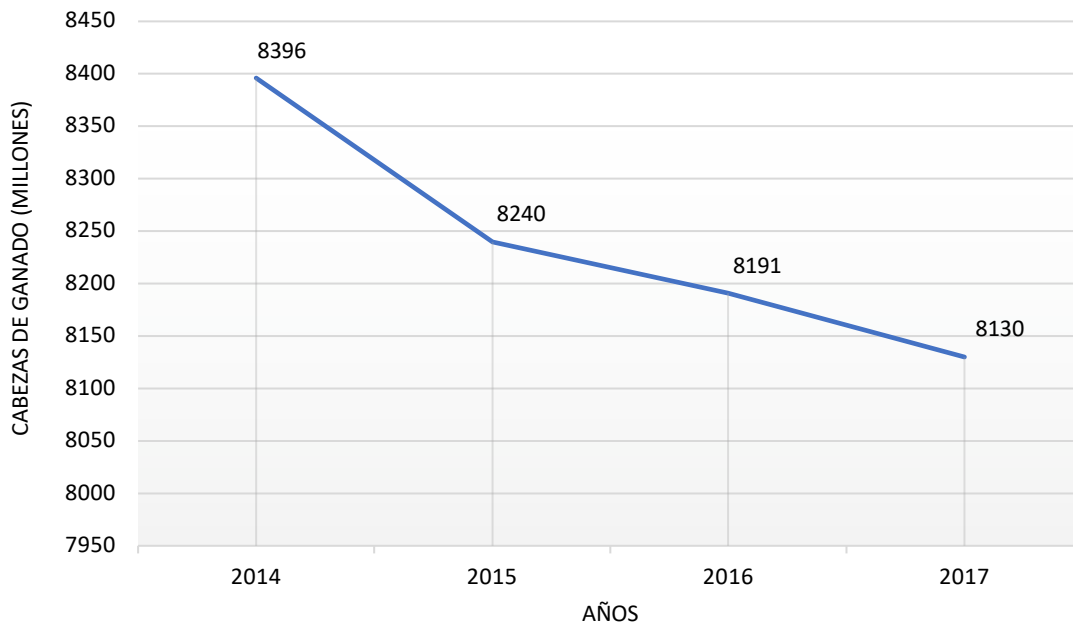


Figura 4. Población ovina en el continente americano de 2014 a 2017 (FAO, 2019).

Según la FAO, (2019) (figura 5) México se encuentra en el cuarto lugar con 10.94% de producción de cabezas de ganado, siendo Brasil el país con mayor producción de 17, 976, 367 que se ve reflejado con 22.10% después le sigue Argentina con 14, 842, 957 que equivale a 18.25% Y Perú con 11, 338, 424 que es el 13.94% de la población que presenta el continente.

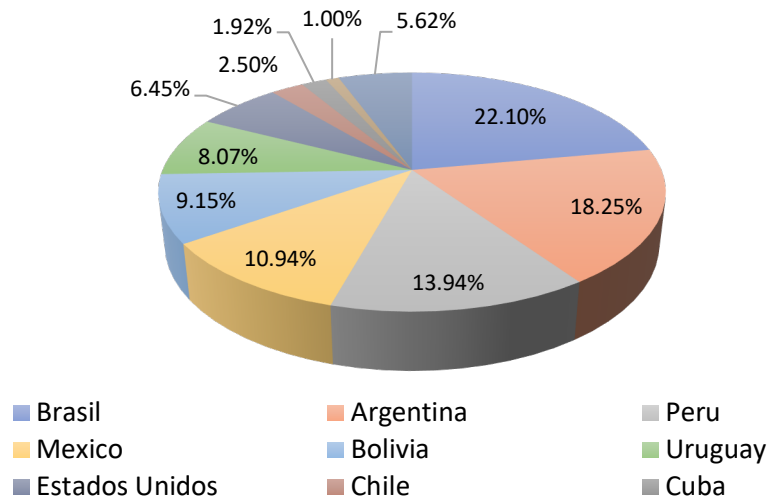


Figura 5. Distribución de población ovina en países del continente americano en 2017 (FAO, 2019).

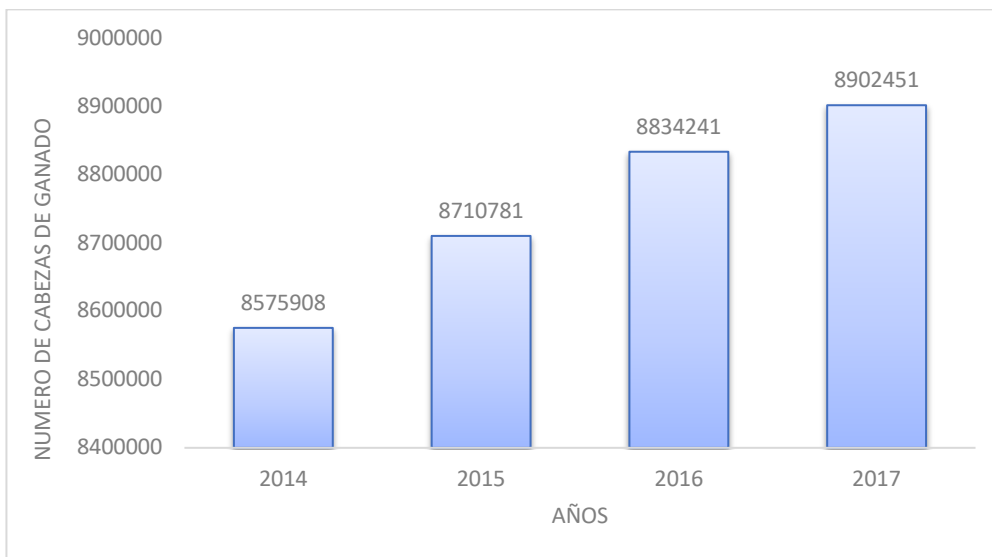


Figura 6. Población Ovina de La República Mexicana por Año.

Según la FAO, (2019) (Figura 6) México ha tenido un aumento del 3.8%, este aumento corresponde que en el año 2014 se tenía una población de 8, 575, 908 ovinos y con el inventario más reciente que es el de 2017 la población fue de 8, 902,

451. Posiblemente este aumento en la población puede ser debido a las mejoras en los sistemas de producción, además de la aceptación que ha tenido la carne de ganado ovino para el consumo ya sea en forma de cortes de gran calidad como en platillos tradicionales.

4.2 Razas ovinas

Según Mujica F. (Ed.) 2005 las ovejas son animales mamíferos que pertenecen a un único género *Ovis* las cuales se encuentran en estado doméstico y salvaje. Son animales con extremidades terminadas en pezuñas que se dividen en dos pares y son también de la clase rumiante estas se caracterizan por carecer de incisivos superiores, tener un estómago dividido en cuatro recamaras en el cual de ellos se digieren los diversos alimentos que consume, cabe mencionar que estos mamíferos realizan la rumia del alimento.

Algunas de las diferentes razas que existen tienen cuernos no ramificados los cuales no se mudan son permanentes, en los machos los cuernos son más robustos curvados o en espiral; mientras tanto que en las hembras son delgados y cortos.

En la naturaleza son bastante ágiles y bien adaptados al medio donde habitan. La hembra por lo general pare una cría, aunque pueden ser multíparas (hasta cuatro crías), después de un periodo de gestación media de 147 días. Viven hasta 20 años, pero comercialmente se explotan hasta los 8 años. Según investigaciones realizadas en todo el mundo existen más de 800 razas de ovejas domésticas que ocupan un hábitat muy variado, desde zonas de régimen desértico hasta las áreas tropicales. Sin embargo, la mayor parte de los ovinos se concentran en los climas templados en donde han alcanzado un buen estado de desarrollo productivo (García, 1986).

Como bien sabemos los ovinos son una de las especies más versátiles; pues de ellos podemos obtener carne, leche, lana y abono. En los últimos años, México ha incrementado el rebaño ovino debido a la demanda de los consumidores,

principalmente en gastronomía con platillos tradicionales como la barbacoa y el mixiote. Sagarpa, (2016).

4.2.1 Black Belly

La raza blackbelly también es conocida como panza negra es una raza de pelo originaria del continente africano. Sin embargo, fue desarrollada por más de 300 años en la isla de barbados, actualmente se encuentra distribuida por todo el caribe Centroamérica, Venezuela, EE. UU y México. Se encuentra diseminado por todo el país en todos los climas desde el trópico hasta las áreas templadas. Este borrego se caracteriza por ser un animal muy rústico, prolífico, no estacional, con excelente habilidad materna que permiten a las hembras criar dos o tres corderos, resistente a parásitos y enfermedades. Animales de talla media, peso en hembras de 40-45 Kg. y en machos 60-80 kg. (argemio garay mendez 2021)

4.2.2 Charollais

Es origen francés, esta raza es una de las más populares en Europa para la producción de corderos para el abasto. Es notoria su característica de excelente conformación, ganancia de peso y calidad de la canal. Son líderes frecuentes en los concursos de conformación y calidad de carne. En México se trabaja con líneas 100% europeas. Existiendo rebaños puros en Querétaro, Hidalgo y Jalisco. Su peso en hembras es de 90-110 kg. y en machos 120-150 kg (Almanza, 2007).

4.2.3 Dorper

Raza cárnica, originaria de Sudáfrica introducida a México a mediados de los años 90's, con una amplia adaptabilidad a todos los climas desde el templado, frío hasta el seco y tropical. Destaca por su excelente conformación de los cuartos traseros produciendo excelentes resultados en programas de cruzamiento con las razas de pelo que se encuentran ampliamente difundidas en todas las regiones de México. Los criadores mexicanos se han esforzado por traer al país excelentes ejemplares campeones en Canadá y los Estados Unidos, logrando estar a la vanguardia en genética a nivel mundial. Pesos adultos en hembras 80-95 Kg., en machos 120-130 kg (Almanza, 2007).

4.2.4 Hampshire

A la raza Hampshire y sus cruizas pertenecen la mayor parte de la población de ovinos del centro del país, la cual se desarrolla en regiones templadas y frías de los estados de Hidalgo, México, Veracruz, Querétaro, Distrito Federal, Puebla y Tlaxcala en niveles de altitud superiores a los 2000 metros sobre el nivel del mar. Ovinos cárnicos, caracterizados por su gran rusticidad, velocidad en ganancias de peso y buenas conversiones en engordas intensivas con granos. Actualmente se viene utilizando como raza terminal en razas de pelo en regiones con una ovinocultura intensiva como Jalisco, Tamaulipas y Yucatán, demostrando su eficiencia en todo tipo de climas. De talla grande, peso adulto en hembras de 80-110 kg. en machos de 140-180 kg (Almanza, 2007).

4.2.5 Katahdin

Raza de creciente popularidad en México, que es explotada en todos los climas desde los fríos y templados hasta los tropicales. Raza originaria de los Estados Unidos, desarrollada en los años 50's buscando un ovino de pelo, especializado en producción de carne magra de excelente calidad. Animales prolíficos, con excelente habilidad materna, buena producción de leche, con alta resistencia a los parásitos. Utilizada como raza materna en esquemas de cruzamiento para producir cordero en base a ganado ovino de pelo. Destaca su ganancia de peso postdestete en condiciones de engordas intensivas, así como su precocidad y comportamiento en pastoreo. Su peso adulto en hembras 60-75 kg., en machos 120-130 kg (Almanza, 2007).

4.2.6 Pelibuey

Ovino de pelo originario de Cuba, representa el mayor inventario de ovinos en México, raza difundida en todos los climas y estados de la república, con un crecimiento constante en esta raza existen tres variedades: canelo, blanco y pinto. Raza materna, base para cruzamientos y producción de corderos para sacrificio, animales rústicos, prolíficos de ciclo reproductivo abierto. En México se han seleccionado por ganancia de peso y características maternas, creando una raza

ideal para producción intensiva de carne de ovino en los trópicos. Pesos adultos en hembras 50-60 kg., en machos 85-100 kg (Almanza, 2007).

4.2.7 Suffolk

Raza cárnica que se desarrolla en el centro del país, básicamente en los estados de México, Hidalgo, Querétaro, Morelos, Aguascalientes, Veracruz, Jalisco, Chihuahua y Distrito Federal. Ovinos con excelente conformación cárnica, de rápido crecimiento, alta prolificidad, son utilizados como raza terminal en esquemas de cruzamiento. En México se han utilizado las líneas americanas y canadienses y recientemente la inglesa. De gran talla y peso, en hembras adultas 80- 100 kg. y en machos 130-170 kg Mujica F. (2005).

4.2.8 Raza Merino

Alrededor del siglo octavo A.C. la Asia Menor dio origen a los animales que conformarían la base de la raza Merino, y fueron diseminados por los fenicios en España y en el Norte de África. Desde España (donde se originó esta raza de ovinos nativos, de rebaños del norte de África y, en menor magnitud, de otros llevados por los romanos) fue llevada a diferentes países que continuaron seleccionándola bajo sus particulares condiciones de manejo y orientación de mercados; de estos tantos algunos merinos fueron orientados más hacia la producción de lana fina, como es el caso del merino australiano o más bien a doble propósito, como es el caso del merino alemán y francés Mujica F. (2005).

Esta raza es caracterizada por su gran rusticidad, su capacidad para recorrer grandes distancias (trashumantes), su instinto gregario que permite la explotación extensiva y con pocos cercos y por su maduración lenta lo que hace posible su crianza en condiciones desmedradas, de aridez y semiaridez (García, 1986). Según Ponting (1980) la raza Merino es la raza ovina más difundida en el mundo y la más importante y distintiva Mujica F. (2005).

4.2.9 Raza Dorset

Se conoce que el origen de la raza Dorset surge en el condado de Dorset y Somerset en Inglaterra, las características de esta raza es que son animales de tamaño mediano, con cara, orejas y patas blancas, sin lana; produce un vellón de lana mediana, sin fibras negras extendidas sobre las piernas, existen estirpes con cuernos y sin cuernos; esta raza surge de razas muy antiguas sin someterlas al cruce con otras razas Mujica F. (2005).

En la raza Dorset se encuentran pesos de los machos y las hembras al nacimiento de entre los 5 y 6 kg; en el peso promedio al destete que obtienen los machos es de 37.2 kg mientras que las hembras obtienen un promedio de 36.9 kg; los pesos de los ovinos adultos llegan a los 127.1 kg mientras que las hembras tienen un peso de 84.8 kg.

Para los indicadores reproductivos que se presentan en esta raza son: la fertilidad de un 100% así mismo cuentan con un alto porcentaje de natalidad como máximo de 166% y un mínimo de 139%, cuentan con un gran porcentaje de destete de 95% dándole así una buena productividad Mujica F. (2005).

4.3 La Producción De Carne De Ovinos En México

Los pequeños rumiantes son de suma importancia ya que juegan un papel importante en el ganado ya que son indispensables para la utilización de los recursos alimenticios disponibles para la población y proporcionan medios prácticos para usar grandes proporciones de pastizales donde la población no practica la agricultura (Hernandez J et al., 2014)

En México se producen ovinos en casi todo el territorio nacional, existen tres sistemas de producción diferentes: el extensivo, semi-extensivo y el intensivo (Partida de la Peña et al., 2013). Cada uno de ellos tiene condiciones particulares y dependen de la edad, raza o cruza, peso a la venta y la forma de alimentación. Esto ocasiona que la producción de cordero sea irregular y exista diferencia entre corderos de diferentes procedencias o de los tipos de explotación. (SAGARPA 2017).

La distribución geográfica de los ovinos abarca gran parte de los estados de la república mexicana, en el año 2000 la población ovina fue de aproximadamente 6 millones de cabezas reflejando un aumento de la población de 25.4 % en el 2010 (Hernandez J et al., 2014)

En 2016, la producción nacional de ganado ovino en pie fue de casi 118 mil toneladas, de las que se destinaron para carne en canal: 60,300 toneladas. El 95 por ciento de la carne de borrego, en México, se consume en forma de barbacoa. El estado de México es el más importante productor de ovinos, pues concentra el 30 por ciento del inventario nacional, le siguen Hidalgo con el 25 por ciento y Veracruz con el 15 por ciento. El consumo de la carne de ovino en México, en un gran porcentaje (más de 90%), es a través de la barbacoa (alimento típico), resultado de la cocción de la canal ovina, cubierta en pencas de maguey, en horno subterráneo o en bote de metal. Sagarpa (2016).

También el ganado ovino se presenta como una excelente opción para su desarrollo en zonas áridas, pues se adapta con facilidad a estas condiciones. (SAGARPA 2017).

Sistemas de producción

Un sistema de producción es la planificación de un proceso productivo en el que se hace uso de todos los recursos disponibles para conservar el ecosistema de tal manera que pueda ser sustentable con el paso del tiempo (INIA, 2015).

Como sabemos el ganado ovino se constituye por ovejas domesticadas en una granja o en un rancho en donde están bajo el cuidado humano, estos animales son aprovechados al máximo ya que dan buena leche y su carne posee un alto consumo. SIAP (2014).

En México existen diferentes sistemas de producción de ganado ovino que dependen principalmente de las condiciones climatológicas, disponibilidad de recursos y nivel socioeconómico de los productores (Velázquez et al., 2017).

Los ganaderos tienen su propio sistema de acuerdo con los recursos que cuenta cada uno de ellos; así mismo con el paso del tiempo se han ido reduciendo los agostaderos y praderas donde se alimentaba el ganado de pastizales, la presión del reparto de tierras ha provocado que el ganadero optara por disminuir el cultivo de diferentes especies, esto obligó a que el ganado fuera confinado en superficies pequeñas (Romero, 2012).

Los principales sistemas que se desarrollan son; pastoreo, estabulación y combinados y de acuerdo con la intensidad son divididos en intensivos, semi-extensivos y extensivos (Partida de la Peña et al., 2013).

4.4.1 Sistema De Producción Intensivo O Estabulado

En este sistema se implementa una técnica de explotación animal altamente tecnificada de manera que permite tener buenos resultados en los animales como son mejorar la ganancia de peso, así como el rendimiento en canal en el menor tiempo posible; con este sistema se busca una productividad de máxima calidad en el total del rebaño. (Vega-Pérez y García-Barrera, 2011).

En estabulación los animales permanecen todo el tiempo en corrales donde se les provee alimento y agua, procurando mantener las condiciones de confort que requieren, cada corral debe tener una zona de comederos, bebederos y sombra. Este sistema es comúnmente utilizado en la etapa de finalización de los animales. El espacio requerido por animal es de 1,20 m² a 3,50 m², según se trate de corderos o animales adultos (Ramón, 2010). En el tipo intensivo existen variantes, una es el confinamiento total que es utilizado principalmente por productores de animales finalizados para abasto, por lo tanto, los animales dependen generalmente de los alimentos proporcionados en el corral (Pérez *et al.*, 2011).

En esta variante del sistema intensivo se observan estrategias de alimentación más tecnificadas como la estabulación en diferentes estados fisiológicos y la suplementación alimentaria de acuerdo a la finalidad productiva de cada animal; por ejemplo, pastoreo de reproductoras, estabulación de corderos suministrando complementación alimentaria antes de la venta (Pérez *et al.*, 2011).

En el sistema intensivo se observa mayor uso de tecnologías y estrategias de manejo que incrementan la producción. La alimentación se basa en núcleos, mezclas minerales, alimentos comerciales o mezclas propias, cuya finalidad es dar una alimentación completa para reducir el tiempo de finalización y maximizar el rendimiento cárnico de los animales (Nuncio *et al.*, 2001). Los programas de reproducción son más productivos utilizando prácticas como inseminación artificial y confirmación de gestación. El manejo sanitario es más frecuente, existe control de parasitosis, prevención y tratamiento de enfermedades de manera continua durante el ciclo productivo (Pérez *et al.*, 2011).

El sistema intensivo mixto es otra variante del tipo intensivo, el manejo reproductivo es similar al tipo intensivo y los ovinos se manejan en grupos separados según su estado fisiológico (hembras gestantes, vacías, corderas, lactantes, etc.) facilitando el control de gestaciones. La alimentación se basa en el pastoreo con periodos de estabulado complementando la alimentación, con subproductos agrícolas y concentrados. El sistema mixto es la modalidad más utilizada por productores de pie de cría y corderos para abasto. El destete se realiza de dos o tres meses de

edad, los machos se mantienen en estabulación hasta su venta. El manejo sanitario es adecuado, con desparasitaciones regulares cada 6 meses y el control de enfermedades mediante antibióticos (Partida de la Peña et al., 2013).

4.4.2 Sistema De Producción Semi-Intensivo

En el sistema semi-intensivo se utiliza la combinación de los recursos naturales de los pastos con el complemento alimenticio en el corral; con esto se logra obtener un aprovechamiento de los recursos naturales y humanos ya que se disminuye la mano de obra. En este sistema se puede hacer aprovechamiento de pastos y asociación de cultivos, durante el día se mantienen en el campo o praderas y en la noche son encerrados en corrales (Partida de la Peña et al., 2013).

El manejo sanitario es similar al tipo extensivo con desparasitaciones periódicas y los animales son tratados solo cuando presentan signos clínicos de enfermedad, no existe mención de los autores acerca de la frecuencia de uso de antibióticos para tratar animales enfermos (Pérez et al., 2011).

4.4.3 Sistema de producción extensivo:

En el sistema extensivo la crianza de los animales es a gran escala y se utilizan pasturas naturales como fuente principal de alimentos, el ganadero se ayudaría en las exigencias de capital y mano de obra mínima. Requiere acceso a cereales, manejo y cuidados sanitarios para los animales (Vega y García, 2011). Aquí no se complementan con alimentos, solo reciben sales minerales como suplementos (Partida de la Peña et al., 2013).

Los sistemas extensivos tienen como característica principal que todos los animales se mantienen en un solo rebaño, no existe un control reproductivo definido, ya que el semental permanece en el rebaño durante todo el año (empadre continuo), los partos tienen márgenes muy amplios entre si y ocurren durante todo el año (García et al., 2010).

La alimentación del sistema extensivo se basa exclusivamente en pastoreo de forrajes nativos (Pérez et al., 2011), los rebaños se encuentran en regiones marginadas con amplias áreas de pastoreo, generalmente de propiedad comunal

las cuales son aprovechadas por distintos sistemas de pastoreo de rumiantes. El aprovechamiento de pastizales nativos como fuente de forraje para el ganado no es una práctica exclusiva de México, en todo el mundo es común el uso de las mismas (García *et al.*, 2010).

El manejo sanitario consiste en las prácticas encaminadas a preservar la salud de un rebaño. Se realizan desparasitaciones cada seis meses, sin embargo, existen rebaños que no son desparasitados y generalmente solo se tratan animales enfermos (Pérez *et al.*, 2011).

El término tradicional es utilizado para referirse a una variante del sistema extensivo, cuyas principales características son, niveles bajos de tecnificación, se asocian varias especies animales y generalmente el conocimiento de las estrategias y métodos de producción es transmitido entre generaciones y no se incorporan nuevas tecnologías (García *et al.*, 2010).

4.4.4 Sistema Silvopastoril

El sistema silvopastoril es un tipo de sistema agroforestal simultáneo en el cual interactúan plantas leñosas perennes (árboles o arbustos) con herbáceas o leguminosas como fuente de forraje para animales domésticos principalmente bovinos, ovinos y caprinos (Murgueitio *et al.*, 2013).

El pastoreo dentro de plantaciones de árboles frutales o bosques es extensivo y se realiza con el propósito de controlar la maleza, aprovechar árboles y arbustos con fines forrajeros y diversificar la producción, mediante subsistemas animales que se insertan dentro del sistema silvícola, generando ingresos extra por la venta de ganado. El manejo sanitario y reproductivo es deficiente ya que el principal producto de estos sistemas son los frutos de los árboles y sus recursos maderables (Pérez *et al.*, 2011). Una variante del sistema silvo-pastoril es la producción que se lleva a cabo en Áreas Naturales Protegidas (ANP), en las cuales se pastorean ovinos, caprinos y bovinos.

4.5 Función E Importancia Del Sistema Digestivo De Los Rumiantes

Los rumiantes son animales que poseen un conducto gastrointestinal con cierto grado de especialización y variaciones anatómicas resultado de la evolución y la

selección del alimento, de acuerdo con esto, las especies que evolucionaron precozmente son conocidos como selectores ya que escogen los vegetales y alimentos de fácil digestión, los consumidores de gramíneas y forrajes se alimentan de vegetales fibrosos, encontrándose el ganado vacuno, ovejas salvajes y domésticas como consumidores de estos, otro grupo es el tipo intermedio o mixto que se adapta a un extremo u otro como las cabras (Hofman, 1993). La eficacia de la masticación y rumia dependen tanto del animal como de la composición del forraje, así la masticación influye en la digestión bacteriana ya que ésta será más rápida cuanto más reducido sea el tamaño de las partículas del alimento (Welch y Hooper, 1993).

El eructo, es un mecanismo por medio del cual los rumiantes arrojan al exterior gran parte de los gases producidos durante la fermentación microbiana y se manifiesta en mayor proporción entre los 30 minutos a 2 horas posteriores a la ingestión de los alimentos, se estimula por la presión del gas en el rumen, a diferencia de la rumia la cual es estimulada por mecanismos táctiles y químicos (Ruckebusch, 1993).

Por las características del sistema digestivo, los rumiantes son capaces de aprovechar polisacáridos de vegetales por la acción enzimática de bacterias, protozoos y hongos que viven dentro del rumen, que mediante fermentación anaeróbica proporcionan energía metabolizable al animal, aminoácidos y vitaminas del complejo B, en contraparte las proteínas son de bajo valor biológico (Krehbiel, 2014); además, también como parte de la digestión ruminal se producen ácidos grasos volátiles (AVG) y proteína microbiana (Krehbiel, 2014).

4.5.1 Ecosistema Ruminal y Fermentación Microbiana

El rumen es un hábitat ideal con las condiciones necesarias para la supervivencia y crecimiento de microorganismos, donde la temperatura permanece relativamente constante entre los 36° y los 40°C, el agua y la saliva proporcionan el ambiente húmedo requerido y los alimentos proveen la energía para el crecimiento y actividad microbiana; la motilidad permite el contacto entre los alimentos ingeridos y los microorganismos, y por último los productos finales de la fermentación son eliminados por absorción sanguínea o a través de la eructación; de acuerdo con lo anterior, el rumen funciona como un fermentador en un sistema continuo “quimiostato” (Nagaraja, 2016).

Los microorganismos y el animal viven en una estrecha relación simbiótica donde el huésped proporciona a los microorganismos el ambiente para que puedan desarrollarse contribuyendo entre otras cosas a la digestión de los alimentos ingeridos (Nagaraja, 2016), la fermentación en el rumen es el resultado de interacciones entre los microorganismos que habitan este ecosistema como, mutualismo (beneficio para ambas especies), comensalismo (interacción beneficiosa para uno sin influir en el otro), parasitismo (interacción en que un microorganismo se beneficia del otro influyendo negativamente en este) (Yokoyama y Johnson, 1993).

El ecosistema del rumen está poblado por bacterias, protozoos, hongos y bacteriófagos (Nagaraja, 2016), y a pesar de que en el rumen penetran constantemente microorganismos extraños por medio de los alimentos, agua y tierra no ejercen influencia significativa sobre los microorganismos del rumen ya que no son capaces de adaptarse a las condiciones ambientales (Yokoyama y Johnson, 1993).

Las bacterias del rumen oscilan entre 10^{10} y 10^{11} , en su mayoría son anaerobias obligadas y en menor proporción anaerobias facultativas; pueden encontrarse adheridas a los alimentos o flotantes en el líquido ruminal. Las bacterias del rumen de acuerdo a sus formas pueden ser cocos, bacilos y espirilos; y por los sustratos que fermentan (Yokoyama y Johnson, 1993).

Los protozoarios del rumen se encuentran en una proporción de unos 10^5 a 10^6 cel/ml del contenido ruminal, todos son anaerobios estrictos (Yokoyama y Johnson, 1993); y pueden ser flagelados y ciliados; participan activamente en la digestión ruminal por acción de enzimas hidrolíticas que actúan sobre los componentes principales de los piensos (Nagaraja, 2016).

Los hongos del rumen contribuyen a la fermentación de los carbohidratos mediante la producción de enzimas hidrolíticas (celulosas, hemicelulasas, pectinasas, liazas, amilasas y proteasas), y son capaces de utilizar glucosa, celobiosa y lactosa, e incluso algunos hongos pueden utilizar la maltosa, galactosa, ribosa y ramnosa.

En el caso de los bacteriófagos son virus que infectan a las bacterias y han sido encontrados en el líquido ruminal (Nagaraja, 2016). Durante la fermentación en el rumen los componentes de la dieta son transformados en productos útiles como ácidos grasos volátiles, proteína microbiana y vitaminas del grupo B, también se producen productos inútiles como son CH_4 y CO_2 , así como productos nocivos como amoníaco y nitrato (Owens y Goetsch, 1993). Los carbohidratos, lípidos y proteínas ingeridos en los alimentos suelen ser polímeros que son convertidos en monómeros para su fermentación o absorción; los productos finales de la fermentación son eliminados continuamente e incluyen ácidos grasos volátiles, CH_4 , CO_2 , N amoniacal.

4.6 Conducto Gastrointestinal

4.6.1 Órganos prensiles

Parte principal del sistema digestivo en rumiantes encontramos diferentes diversificaciones notables. Los labios, lengua, dientes incisivos inferiores y lamina dental delante del paladar duro son los principales en representar una característica muy importante en la nutrición de los rumiantes. Esto es presentado en cabras por ser un consumidor mixto altamente selectivo al igual que los ovinos con un pastoreo selectivo (Church, 1969).

4.6.2 Cavidad Oral

Se realiza un conjunto de actividades donde los dientes molares, lengua, papilas bucales y labiales entre otros, realizan la trituración del alimento que llega a la cavidad oral para después ser ingerido. A si mismo la glándula parótida secreta la saliva que ayuda en la masticación del alimento (Church, 1969).

4.6.3 Lengua

Ocupa gran parte de la cavidad oral de los ovinos, existen variaciones del tamaño, largo de la lengua, grosor (carnosa) o puntiaguda. Esto se representa de acuerdo a que tan selectivo sea el rumiante en su alimentación, en el caso de los ovinos tienen una lengua más fina y puntiaguda. Además la lengua contiene las papilas fungiformes y circunvaladas, contienen botones gustativos que son los encargados de percibir el sabor de todo forraje que es consumido. Y están distribuidos por el largo y ancho de la lengua (Church, 1969).

4.6.4 Glándulas Salivales

La variabilidad de las glándulas salivales sigue un rango de acuerdo al tipo de alimentación en el caso de los rumiantes consumidores de gramíneas y forrajes (GF). Su importancia fisiológica como líquido de transporte y tampón de la fermentación, de igual manera cumple una función de enjuagado de nutrientes que son liberados y se convierten en solubles en la cavidad oral durante la masticación asociada con la ingestión y la rumia de los alimentos (Church, 1969).

4.6.5 Tráquea

En los animales vertebrados, tiene una única función básica y fundamental mantener un canal abierto que permita la circulación de aire desde la laringe a los pulmones y viceversa. La tráquea mide 37 cm o más de longitud y aparece en este estado de la disección en el lado derecho de la cavidad torácica (Church, 1969).

4.6.6 Faringe y Laringe

Es la reducida prolongación caudal de la cavidad oral que conduce al vestíbulo del esófago. Su istmo inicial u orofaringe esta limitado dorsalmente por el paladar blando y ventralmente por la raíz de la lengua. El velo glandular, relativamente largo y grueso, se eleva durante el inicio de la deglución y regurgitación ayudando en la formación de un bolo para las masticación o deglución (rumia). La mayor parte de los gases eructados procedentes de la fermentación en el rumen son conducidos a penetrar en la laringe, tráquea y pulmones tras el cierre de la boca y la abertura de la intrafaringea (Church, 1969).

4.7 Sistema Digestivo

4.7.1 Esófago

Es la conexión de entre la faringe y el retículo-rumen, su función es ser intermediario entre las distintas zonas de presión. Dicha actividad en rumiantes se realiza normalmente en las dos direcciones y se encuentra sometido, en cierta medida al control voluntario del animal (Church, 1969).

4.7.2 Estomago

Formado por cuatro diferentes compartimientos en rumiantes y muestra en su caso el máximo desarrollo y perfectamente evolucionado de todos los mamíferos.

Y son los siguientes: retículo, rumen, omaso y abomaso (Church, 1969)..

4.7.3 Rumen

El rumen en todas las especies de rumiantes es el más amplio de los cuatro compartimientos, además es una cámara de fermentación anaerobia (Armato et al., 2016), con un potencial de hidrógeno (pH) entre ácido y neutro de 5.5 a 7.0 (Jiang et al., 2017); siendo éste el principal determinante del tipo y número de microorganismos (Resende Jr et al., 2019), y una temperatura que oscila entre 38 a 42 °C. El ecosistema ruminal está formado por tres grupos: I) bacterias, su concentración es de 1×10^{10} y 1×10^{11} /mL de líquido ruminal, y está relacionada con el contenido energético de la dieta además el nitrógeno no proteico (NNP), como la urea, debe ser convertido en amoniaco (NH_3) para que pueda ser utilizado por las bacterias (DePeters y George, 2014; Wallace et al., 2017), transformando

proteína de mala calidad en proteína de alta calidad grupo II protozoarios ciliados, su concentración oscila entre 1×10^4 y 1×10^6 /mL de líquido ruminal, su función es controlar el número de bacterias en el rumen, envuelven almidón que pasa al intestino, siendo una fuente de glucosa ($C_6H_{12}O_6$) para el rumiante (Wallace et al., 2017).

Ocupa la porción izquierda de la cavidad abdominal y se extiende en el plano medio, en la mitad y algo ventrada. Su eje mayor va desde un punto opuesto al octavo espacio intercostal o novena costilla hasta el estrecho anterior de la pelvis (May, 1974).

En los pequeños rumiantes el saco ventral del rumen es de mayor tamaño que el dorsal. Las papilas de rumen (*Papillae ruminis*) son formaciones de tejido conectivo de la lámina propia de la tela submucosa, que en su totalidad aumentan la superficie del rumen alrededor de siete veces. Las formas de las papilas del rumen varían desde forma de verruga, de lengua o de hilo hasta forma de hoja. Contienen una densa red vascular. A través de las papilas del rumen se reabsorben, sobre todo, los ácidos grasos de cadena corta (ácido acético, propiónico y butírico), producidos por microorganismos durante la digestión, pero también, entre otras sustancias, agua, uniones nitrogenadas no proteicas, vitamina B y vitamina K (Church, 1969).

4.7.4 Retículo

Es algo piriforme y ocupa la porción más anterior del estómago. Se ubica casi totalmente a la izquierda del plano medio, contra la parte esternal del diafragma, en un plano transversal que pasa por los extremos ventrales de la séptima costilla o séptimos espacios intercostales. Su superficie diafragmática anterior dista 2.5 cm o menos del saco pericárdico en la cavidad torácica (May, 1974).

Entre sus principales funciones se encuentran:

- Retención de partículas largas que requieren ser rumiadas.

- Absorción de AGV que son la principal fuente de energía para la vaca (Church, 1969).

4.7.5 Omaso

Es casi ovalado y comprimido lateralmente, con su eje mayor aproximadamente vertical, su capacidad es de 0.4 lts. Se relaciona con la novena y décima costillas. No entra en contacto con la pared abdominal., está cubierto por el hígado a la derecha, el rumen y el retículo a la izquierda, mientras que el abomaso lo cubre por la parte ventral (May, 1974).

Su principal función es la absorción de agua, ácidos grasos volátiles y minerales (Church, 1969).

4.7.6 Abomaso

El estómago “verdadero” es una estructura tubular alargada, más ancha hacia el extremo omasal, y que se estrecha a medida que se acerca al píloro. La porción ciega anterior más ancha se denomina fondo. Y el extremo más estrecho, porción pilórica. El abomaso comienza centralmente xifoidea y se extiende hacia tras, inclinándose gradualmente a la derecha a lo largo del suelo ventral de la cavidad abdominal (May, 1974).

Sus principales funciones son:

- Secreción de ácido clorhídrico y enzimas digestivas
- Digestión de los carbohidratos y proteínas que escapan de la fermentación ruminal.
- Digestión de la proteína microbiana producida en el rumen (1 a 2.5 kg/día) (Church, 1969).

4.7.7 Intestino Delgado

Este órgano se divide en tres secciones: 1) El duodeno, forma un asa totalmente a la derecha. Comienza en el píloro como parte craneal con un asa sigmoidea cerca de la porta hepática. Siendo la porción más alargada del intestino delgado. 2)yeyuno forma un gran número de espirales a lo largo del borde de la lámina mesentérica común, que es portadora del colon espiral.

La túnica muscular del intestino delgado consta de una capa circular interna más gruesa y otra longitudinal externa más débil (Church, 1969).

4.7.8 Intestino Grueso

Las funciones homeostáticas del intestino grueso incluyen el mantenimiento de un equilibrio entre electrolitos y fluidos, un alojamiento para miles de millones de microorganismo (de ahí que sea el lugar para la absorción de ácidos grasos volátiles) y un almacén temporal de excretas hasta que convenga su alimentación controlada. La notable variación en la anatomía del intestino grueso no parece tener relación con la formación de heces granuladas en ovejas y cabras (Church, 1969).

4.8 Consumo De Materia Seca De Ovinos

El consumo de alimento y el número promedio de comidas por día varía por las diferentes especies animales y no puede ser atribuido a un mecanismo de control simple, sino que es determinado por una combinación de tres factores del animal como son: especie y/o raza, sexo y etapa fisiológica; son relacionados con las propiedades con las que cuenta el alimento, como son: su frescura, contenido de humedad, procesamiento, palatabilidad, textura, tamaño de partícula y valor nutritivo (Partida de la Peña et al., 2013).

4.8.1 Especie y Raza

Los consumos de las diferentes especies se vuelven más comparables dentro de la especie animal dada, las razas de mayor tamaño ingieren más alimento que las razas pequeñas. Sin embargo, algunas diferencias de razas son menos aparentes, al ser el resultado de la combinación con otros factores, mismos que habría que aclarar en forma particular. Las diferencias en consumo de alimento entre borregos de lana y de pelo, dependen de las temperaturas ambientales a las que se ven expuestos unos y otros; aunque los animales de lana generalmente comen comparativamente más, la diferencia se hace más pequeña en condiciones tropicales (Partida de la Peña et al., 2013).

4.8.2 Sexo y Factores Asociados

Los machos de las especies domésticas tienen una mejor velocidad de crecimiento y mejor ganancia de peso; por su perfil hormonal consume una mayor cantidad de alimento que las hembras de la misma especie y raza. Los machos castrados tienden a depositar más tejido adiposo porque tienen necesidades energéticas y por tanto también se tienen consumos diferentes al de los machos enteros (Partida de la Peña et al., 2013).

4.8.3 Etapa Fisiológica

Todos los animales en sus fases de crecimiento corporal, tienden en forma más o menos paralela a aumentar su consumo de alimento, mismo que llega a estabilizarse en la medida que va alcanzando su tamaño de adulto.

Las hembras gestantes y aquellas lactantes tienen que satisfacer una mayor demanda energética para sustentar el crecimiento fetal y posteriormente la producción de leche, lo que aumenta su consumo voluntario en comparación a los animales vacíos y secos. En el caso de las ovejas que gestan gemelos en diferencia con aquellas de un solo cordero si no alcanza a cubrir sus necesidades nutritivas durante las primeras semanas posparto y por tanto debe recurrir a sus reservas corporales (Partida de la Peña et al., 2013).

Después de un período prolongado de restricción alimenticia, como ocurre durante la época de sequía en los rumiantes en pastoreo libre o en casos de que presente una enfermedad, se brinda a los animales la oportunidad de mejorar cuantitativa y cualitativamente su consumo a los animales que todavía están en la etapa de desarrollo corporal, tienden a mostrar el crecimiento compensatorio, período en el que durante un tiempo corto (de uno a tres meses dependiendo de la especie y la severidad de la restricción a la que estuvieron sujetos) muestran un ritmo acelerado de aumento de peso que se ve acompañado con una mayor ingestión (Partida de la Peña et al., 2013).

4.8.4 Etología y Manejo

El comportamiento alimenticio de un animal dado, está también normado por factores etológicos como son su jerarquía dentro del grupo los dominantes imponen su superioridad y por tanto comen más alimento o escogen el de mejor calidad.

La producción de rumiantes en condiciones de pastoreo ya sea en agostaderos o en praderas, se basa en que son los propios animales cosechan su alimento; sin embargo, el consumo de forraje se ve aumentado en la medida que el gasto energético implica la actividad del pastoreo. Mientras más tiempo dedican a pastorear y más distancia recorrer, ya sea por problemas en la cantidad de forraje disponible o en su contenido energético que contiene el forraje.

Los animales confinados, en condiciones de alimentación libre (*ad libitum*), las veces que se les ofrece el alimento, se refleja en el consumo del mismo; de tal manera que consume más cuando se le da tres veces en comparación con una sola vez. Se ha observado que, durante la práctica de suplementación a animales en pastoreo, la presencia de personas o de ruidos son asociados con el alimento, esto hace que aumente el apetito y por automático el consumo (Partida de la Peña et al., 2013).

4.8.5 Fases Del Consumo Voluntario

Respecto a los animales para el abasto, en los corrales de finalización, se manejan tres tipos de alimentos:

- 1) La dieta de recepción, que básicamente está conformada por forraje henificado de alfalfa o avena, se proporciona durante 1 a 3 días y tiene como fin amortiguar el cambio de alimentación del lugar de origen a los corrales de confinamiento.
- 2) La dieta de adaptación, que constituye un medio paulatino de introducción a la dieta de engorda al proporcionar mayor cantidad de concentrado y menor de forraje, con este proceso se trata de prevenir problemas metabólicos.
- 3) La dieta de engorda o finalización, que debe formularse para cubrir los requerimientos nutricionales de energía, proteína, fibra y minerales, con el objetivo de lograr la máxima ganancia de peso, en un periodo corto de tiempo, aumentar el

consumo voluntario y hacer más eficiente la conversión alimenticia. (Partida de la Peña et al., 2013).

4.9 La Ganancia De Peso De Ovinos

De acuerdo con los resultados de García *et al.* (2009), las vainas de *Acacia farnesiana* pueden ser una alternativa ya que tiene una buena respuesta al rendimiento animal y la digestibilidad aparente, cuando se incluyen 12% de materia seca de vainas de *Acacia Farnesiana* son aceptadas por los ovinos con pocos efectos en la digestibilidad y la ingesta de materia seca.

Conforme a los resultados que obtuvo Quiroz *et al.* (2015), el consumo de materia seca y la palatabilidad se observó el efecto de la especie animal ya que las cabras consumen un mayor número de frutas de leguminosas en comparación a las ovejas más sin embargo la palatabilidad fue mejor en las ovejas, también se observaron efectos en los consumos de materia seca, los frutos de *Acacia farnesiana* y *Acacia cochliacantha* fueron mayor mente consumidos; así mismo los consumos y la palatabilidad de los frutos de las leguminosas fueron preferidas por las ovejas y cabras las cuales estuvieron determinados por el contenido de proteína cruda, fibra detergente acida y fibra detergente neutra. Los frutos mencionados dan mayor potencial alimenticio para ser utilizados como alimentos para ovejas y cabras en comparación de los frutos de *Acacia Macilenta*; el bajo contenido de taninos condensados no tubo afectación en los consumos de materia seca más al contrario lo que provoca que tengan perdidas en los consumos de materias secas es la baja cantidad de fibras detergentes que contienen los frutos.

De acuerdo con los resultados de González *et al.* (2011), las ganancias de peso utilizando suplementos de leguminosas se observó una interacción significativa del sexo de los animales y los suplementos utilizados, se utilizaron pasta de coco como una fuente de proteína en este suplemento se tuvieron ganancias mayores en los animales machos (0.09 ± 0.03) que en hembras y machos que tenían el suplemento de leguminosa (chícharo), el consumo que se tubo por cordero se observó que los suplementados con pasta de coco consumieron más alimento que los alimentados con el suplemento de la leguminosa.

Acorde con los resultados obtenidos por García L. *et al* (2009), las ganancias diarias de peso fueron moderadas en ovejas pelibuey alimentadas con dietas que incluyen leguminosas y camas de pollo de engorde, la ingesta de materia seca es la base del peso vivo metabólico de 0.75kg esta no fue estadísticamente diferente con los tratamientos y es similar a la ingesta estimada de la *Acacia Farnesiana*.

4.10 Importancia De Las Leguminosas En La Alimentación Del Ganado

La importancia que tienen algunas de las leguminosas que se encuentran presentes en las regiones semiáridas y áridas pueden ser utilizadas como especies forrajeras en los pastizales ya que son una serie de leguminosas arbóreas y arbustivas que se han estudiado para ser utilizados como recursos alimentarios para los rumiantes (García *et al.*, 2009). En las estaciones de escasos de forraje este tipo de plantas son utilizadas para el ganado como recurso alimenticio con alto valor nutritivo de proteínas así mismo contiene energía, vitaminas y minerales que son los requerimientos nutricionales de los animales para que tengan un mejor desarrollo productivo y reproductivo (Ramírez *et al.*, 2011).

Los frutos y hojas de las leguminosas contienen niveles altos de proteína incluso superiores a algunos forrajes que se encuentran distribuidos en el noreste y sureste de México (García y Lara, 1998). Según Ramírez *et al.* (2011), la *Acacia Farnesiana* se encuentra entre los 10 arbustos nativos más consumidos por los pequeños rumiantes.

Las nuevas fuentes de alimentación para animales ha llevado a la búsqueda de diferentes alternativas de alimentación que no compitan con los alimentos básicos para el ser humano; en el transcurso de los años se han llevado a cabo diferentes estudios que analizan el comportamiento nutricional y productivo de árboles, arbustos y frutos de leguminosas como un suplemento de alimentación para los animales fundamentalmente los rumiantes y de esta manera disminuir los costos de producción a un nivel significativo para el productor; utilizando los recursos naturales que se tienen al alcance de las manos dependiendo las zonas geográficas donde se encuentra la unidad de producción (Galindo *et al.*, 2005).

Según Galindo *et al.* (2005), las diferentes especies de leguminosas poseen características que son valoradas para la nutrición de los ovinos. Una de ellas es su excepcional calidad alimenticia, que puede desempeñar un papel clave en el mejoramiento del valor nutritivo del alimento, tienen la capacidad de incrementar en los alimentos la relación de proteína/energía ya que contiene un alto porcentaje de proteína y un porcentaje de compuestos secundarios que ayudan a la degradación y a la tasa de pasaje de nutrientes a través del tracto gastrointestinal; otra ventaja que tienen las leguminosas es la fijación de nitrógeno atmosférico en el suelo lo cual aumenta la incrementación de nutrientes en el mismo para la producción de gramíneas que se encuentran asociadas en el entorno con algunas especies de leguminosas.

Las diferentes especies de leguminosas arbustivas se caracterizan por la presencia de taninos en las hojas vainas y en las semillas. Estos pueden afectar en la digestibilidad, el consumo voluntario de materia seca y en ocasiones puede presentarse toxicidad en los rumiantes por el alto contenido de taninos; sin embargo, la concentración moderada de taninos condensados puede ser aprovechada como protector de la proteína a nivel ruminal y de esta manera se tiene un mejor aprovechamiento de la proteína y tiende a aumentar el rendimiento del animal (García L. et al., 2009).

Según Ramos *et al.* (1998), las leguminosas tienden a desarrollar una característica importante la cual es la defensa de la planta y es producto del metabolismo secundario del cual sintetiza compuestos conocidos como compuestos secundarios. La planta distribuye los compuestos secundarios a sus diferentes tejidos vegetales estos van disminuyendo de acuerdo a el desarrollo fenológico de la planta. Todas las partes en crecimiento anual como son hojas jóvenes, yemas en crecimiento, órganos de dispersión y órganos reproductores tienden a tener una mayor concentración de compuestos secundarios; algunos de los compuestos secundarios son utilizados como agentes alelopáticos para repeler virus, hongos y bacterias.

4.11 Características Botánicas De *Acacia Farnesiana*

Acacia farnesiana (L.) Willd

La *Acacia farnesiana* es comúnmente conocida como Huechachin, Aroma, Cascalote, Colita, Corteza de curtidora, Espina divina o sagrada, Espino blanco, Maroma, Vinorama. (Márquez *et al.*, 1999)

Descripción taxonómica

Cuadro 1. Categorías taxonómicas superiores.

Reino	<i>Plantae</i>
Subreino	<i>Traqueobionta</i> (plantas vasculares)
Superdivisión	<i>Spermatophyta</i> (plantas con semillas)
División	<i>Magnoliophyta</i> (planta con flor)
Clase	<i>Magnoliopsida</i> (dicotiledóneas)
Subclase	<i>Rosidae</i>
Orden	<i>Fabales</i>



Figura 7. *Acacia farnesiana*

Descripción: es un arbusto espinoso o árbol pequeño, perennifolio o subcaducifolio, de 1 a 2 m de altura en su forma arbustiva y de 3 a 10 m en su forma arbórea, con un diámetro a la altura del pecho de hasta 40 cm. Copa redondeada, hojas plumosas, alternas, frecuentemente aglomeradas en las axilas de cada par de espinas, bipinnadas, de 2 a 8 cm de largo incluyendo el pecíolo, con 2 a 7 pares de folíolos primarios opuestos y 10 a 25 pares de folíolos secundarios. (Willd, 1806).

Tronco corto y delgado, bien definido o ramificado desde la base con numerosos tallos. Ramas ascendentes y a veces horizontales, provistas de espinas de 6 a 25 mm de longitud. Corteza externa lisa cuando joven y fisurada cuando vieja, gris plomiza a gris parda oscura, con abundantes lenticelas dispuestas en líneas transversales, grosor total de 5 a 6 mm. (Willd, 1806).

Flores en cabezuelas de color amarillo, originadas en las axilas de las espinas, solitarias o en grupos de 2 a 3. Muy perfumadas, de 5 mm de largo; cáliz verde, campanulado, papiráceo de 1.8 mm de largo; corola amarillenta o verdosa, de 2.3 mm de largo. Sus brillantes flores están apiñadas en bolas densas y mullidas y con frecuencia cubren el árbol en forma tal que éste da la sensación de una masa amarilla. (Willd, 1806).

Vainas moreno rojizas, semiduras, subcilíndricas, solitarias o agrupadas en las axilas de las espinas, de 2 a 10 cm de largo, terminadas en una punta aguda, valvas coriáceas, fuertes y lisas, tardíamente dehiscentes. Permanecen en el árbol después de madurar. (Willd, 1806).

Semillas reniformes, de 6 a 8 mm de largo, pardo-amarillentas, de olor dulzón y con una marca linear en forma de "C". La testa de la semilla es impermeable al agua.

Origen / extensión: es originaria de América tropical y ha sido naturalizada en todo el mundo tropical y en el Mediterráneo, se cultiva en Argelia y sur de Francia, principalmente en la región de Grasse. Se extiende del sur de Estados Unidos, pasando por México y Centroamérica hasta Argentina y Chile. También a lo largo de las Antillas, desde Bahamas y Cuba hasta Trinidad y Tobago, Curazao y Aruba; se ha naturalizado en los trópicos del Viejo Mundo (Willd, 1806).

Por lo general se desarrolla a orilla de caminos, arroyos, parcelas abandonadas, terrenos con disturbio, terrenos sucesionales (acahuales), sitios ruderales. Se le encuentra donde predominan climas cálidos (Aw) y semicálidos A(C), en regiones que tienen hasta 900 mm de precipitación anual y temperaturas que varían de 5 a 30 ° C. Prospera en una gran variedad de suelos desde muy arcillosos hasta muy arenosos.

Importancia ecológica: esta especie se considera secundaria de tal importancia en la vegetación que pertenece al bosque tropical caducifolio esta forma asociaciones densas llamadas huisáchales; El huizache tiene potencial para ocupar un rango de distribución más amplio que el actual ya sea por su rápida propagación que tiene la planta.

Fenología: las hojas tienen la forma perennifolia, sus flores se presentan en el tiempo de Julio a febrero, sus frutos se encuentran entre los meses de febrero a mayo. (Aguilera 2001)

Cuadro 2. Composición química del fruto de Acacia farnesiana (Armín et al., 2004).

Nutriente	%	Rango
Proteína	14.4	12.2-16.6
Cenizas	4.4	4.3-4.4
FDA	19.0	-
FDN	35.9	-
Fenoles	33.5	-
Taninos	9.7	-
DMS	74.0	-

Aspectos fisiológicos: nódulos fijadores de nitrógeno en las raíces, fácil adaptación, especie de rápido crecimiento, tiene una producción de hojas, flores, frutos, madera y/o semillas. Los primeros frutos aparecen entre los 4 o 5 años, su regeneración es rápidamente después de una remoción mecánica. Una quema estimula la formación de yemas foliares, Las semillas perfectamente limpias y seleccionadas se secan a

temperatura ambiente a la sombra de 10 a 15 días. Las semillas secas se colocan en frascos oscuros y herméticos y se almacenan a una temperatura de 18 a 20 ° C. (Willd, 1806).

Su germinación es de tipo epigea, el tiempo promedio que tarda en germinar es de 12 días la germinación y crecimiento de las plántulas se ve favorecida en un rango de pH de 6 a 8 y a una temperatura de 30 ° C su porcentaje de germinación es de 50 a 85 %.

Propagación: reproducción asexual: Estacas es el método más frecuente para su cultivo y empleo en cercas vivas; Brotes o retoños: buena habilidad para rebrotar o regenerarse.

Tolerancias: es resistente a daño por termitas, fuego, herbicidas convencionales, pero, sin embargo, se puede aplicar en las plántulas la fórmula (4-amino-3, 5, 6-tricloro-2- piridina, ácido carboxílico) esto para controlar la propagación del huizache; así mismo es resistente a suelos salinos (Willd, 1806). Los huizaches tienen la habilidad para germinar y establecerse en suelos salinos, aunque la semilla tiene una tolerancia media a la salinidad extremadamente tolerante a la sequía y a suelos pobres.

Usos: la corteza y vainas son ricas en tanino que se usa en curtidurías para curtir y teñir pieles. Las vainas del fruto contienen 12 a 18 % de taninos.

Se utiliza en un sistema forrajero; las hojas, vainas, flores y vástagos se emplean como forraje para ganado vacuno, caprino y ovino actualmente especialmente durante el invierno; El follaje y la corteza tienen un olor desagradable y se dice que pasa un mal sabor a la leche. Debido a su altura es necesario hacer cortes de rama (podas) para su máximo aprovechamiento (Willd, 1806).

4.12 Algunos Aspectos Del Uso De Leguminosas En La Alimentación De Rumiantes

Las leguminosas forrajeras como la alfalfa y los tréboles se han utilizado tradicionalmente en la alimentación de los animales rumiantes (Wilkins y Jones, 2000). También la planta de guisante (*Pisum sativum*) se ha utilizado como forraje

en terneros en crecimiento, formando parte de dietas basadas en subproductos, con efectos mínimos sobre la digestibilidad de los nutrientes pero con una disminución importante de la ingesta (Soto-Navarro *et al.*, 2004). La disminución de la ingesta puede ser un síntoma de toxicidad debida a la presencia de algunos compuestos secundarios (D'Mello, 1992). Gelvin *et al.* (2004) observaron que la planta de guisante, utilizada como forraje, no afectaba ni a la fermentación ruminal ni a la digestibilidad de nutrientes en terneros. También se ha empleado la planta de guisante en dietas de corderos (Loe, Bauer, Lardy, Caton y Berg, 2004) para sustituir al maíz hasta 450 g / kg DM sin que se afectase la producción del animal. Además, la velocidad de degradación de semillas como veza (*Vicia sativa*), yero (*Vicia ervilia*), guisante, altramuz y haba es alta habiéndose observado que tras 24 horas de incubación en el rumen de corderos desaparecía más del 88% de la semilla salvo en el caso de la veza, cuya degradabilidad para ese tiempo de incubación fue menor (Aguilera, Bustos y Molina, 1992). González y Andrés (2003) determinaron, así mismo, degradabilidades ruminales de materia seca (58,8 a 69,2%) y de proteína (69,3 a 80,3%) relativamente altas en carneros.

4.13 Uso De Árboles Forrajeros En La Alimentación De Ovinos

El uso de los frutos de árboles para la suplementación de rumiantes, tanto en épocas de escasez como de abundancia de forrajes, ha sido tradicional en muchas zonas ganaderas. En la literatura existe información sobre los efectos de la suplementación con frutos de árboles forrajeros en la producción de ovinos y bovinos; sin embargo, los estudios sobre la respuesta productiva de los animales que consumen estos frutos aún son incipientes. Los resultados se concentran en mostrar el valor nutritivo de estos materiales, consumo voluntario, ganancias diarias de peso que en ovinos superaron en más de 50% de los tratamientos no suplementados y en bovinos incrementos superiores al 80%. También hay producciones de leche muy similares a las obtenidas con el uso de alimentos concentrados sin alterar la composición de la misma. De ahí que sea una alternativa para sustituir importaciones y lograr producciones ecológicamente sostenibles y eficientes (Clavero, 2013).

Los frutos de árboles forrajeros representan una alternativa de disponibilidad de azúcares, carbohidratos, minerales y proteínas para el ganado, como estrategia para disminuir la dependencia de concentrados comerciales dentro de los sistemas de producción de rumiantes en el trópico (Palma y Román, 2003).

El uso de los frutos de árboles para la suplementación de rumiantes, tanto en épocas de escasez como de abundancia de forrajes ha sido tradicional en muchas zonas ganaderas. Sin embargo, a pesar de su tradición de uso y de disponer de información experimental de soporte la socialización de estas prácticas es muy reducida (Clavero, 2013).

4.14 Los Forrajes En La Alimentación Animal

Desde sus orígenes, la ovinocultura mexicana se ha practicado asociada a la de plantas arbóreas forrajeras. Se sabe que los conquistadores que llegaron a México en la época colonial establecieron en diferentes lugares del país sistemas ganaderos que incluían la alimentación, deliberada o casual, de sus rebaños con árboles o arbustos forrajeros (Torres, 2009).

Una referencia de ello es el pastoreo con ovinos que los frailes realizaban en los bosques naturales y en olivares sembrados en los alrededores de Tenochtitlan, sistema conocido como Dehesa que desde épocas remotas se practicaba en España con rebaños merinos en terrenos de pastizal-encinar, donde las ovejas consumían además del pasto y arbustos el follaje de la poda de los árboles (Torres, 2009).

Otra herencia española también fue el sistema de pastoreo trashumante, practicado sobretudo en el centro y occidente del país hasta fechas relativamente recientes, consistente en rutas de pastoreo entre las sierras durante el verano y llanuras en el invierno, donde como ahora los animales tenían la oportunidad de consumir el follaje de plantas arbóreas además de los pastos y rastrojos (Torres, 2009).

En México, fue la Dirección General de Agricultura quien empezó el estudio de los árboles forrajeros, al publicar en 1918 un informe sobre la composición química del campo (*Brosimum alicastrum*) procedente del estado de Jalisco (Torres, 2009).

4.15 Utilización De Arbóreas En Sistemas Extensivos

El paisaje actual de muchas regiones ganaderas en México dista de estar totalmente desprovisto de árboles. Inmersos en los potreros o rodeando a estos, es posible observar fragmentos de bosques o selvas originales, acahuales, corredores de vegetación a la orilla de ríos o arroyos, cercas vivas, arboles aislados y hasta plantaciones introducidas; sitios que son de pastoreo rutinario u ocasional para los ovino (Torres, 2009).

Otro tipo de vegetación natural utilizada con importancia por los ovino cultores son los matorrales, comunidades denominadas por arbustos espinosos, típicos de zonas áridas y semiáridas. Aquí, la escasez de agua y los suelos pobres y someros son muy restrictivos para la agricultura, por lo que la ganadería extensiva con caprinos y un poco menos con bovinos, equinos y ovinos ocupa grandes superficies (Olivares *et al.*, 2006).

Las leguminosas tropicales pueden ser un componente importante de la dieta del animal en pastoreo debido a su alto contenido de proteína, minerales y digestibilidad. Sin embargo, estas plantas pueden tener elementos anti nutricionales que limitan su consumo cuando son ofrecidos tiernos como único alimento; o si representan un alto porcentaje de la dieta, por lo cual, su empleo se condiciona a utilizarse como bancos de proteína (Becerra, 1986).

4.16 Arbóreas En Sistemas Intensivos

Los beneficios nutricionales de los árboles para el ganado tienen particular importancia durante la época seca del año (Torres, 2009).

Los árboles y arbustos usados como bancos de forraje poseen extensos sistemas radicales que les permite acceder al agua profunda del suelo, de manera que son una fuente de forraje de calidad durante todo el año (Torres, 2009).

El valor alimenticio de árboles y arbustos es muy variable, depende de la especie, parte de la planta, etapa fenológica y condiciones ambientales (Ventura *et al.*, 2002).

Las especies arbóreas más importantes en los sistemas forrajeros, son las de crecimiento rápido, múltiples usos y fijadoras de nitrógeno (Wildin, 1998).

Las leguminosas presentan una buena composición química; con un nivel de proteína, en muchas de ellas hasta del 34% la solubilidad, la digestibilidad y la degradabilidad de la proteína, así como el comportamiento digestivo cuando son bien manejadas, las hacen atractivas como fuente de alimento suplementario para rumiantes, en áreas tropicales (Chongo y Galindo, 1995).

4.17 Compuestos Secundarios

El término compuestos secundarios engloba sustancias químicamente muy diversas y son una contraposición a los productos del metabolismo primario que aparece en el citoplasma de todas las células vegetales y cuya diferencia entre plantas son únicamente de índole cuantitativo (Ramos *et al.*, 1998), es decir, no todos los metabolitos secundarios se presentan en todos los grupos de plantas, ya que se sintetizan en pequeñas cantidades y no de forma generalizada estando su producción restringida a un género de plantas, a una familia o incluso a unas especies (Avalos y Pérez, 2009).

Los metabolitos secundarios tienen funciones específicas, sirven como atrayentes o repelentes de animales, como pigmentos de flores y frutos (Avalos y Pérez, 2009), y en algunos casos son sintetizados como respuesta a los ataques de los herbívoros (Ramos *et al.*, 1998), actuando como repelentes o proporcionando a la planta sabores amargos, haciéndolas indigestas o venenosas, también intervienen en los mecanismos de defensa de las plantas frente a patógenos actuando como pesticidas naturales (Avalos y Pérez, 2009).

Existe una gran diversidad bioquímica de metabolitos secundarios, sin embargo, el tipo de compuesto que se sintetiza en cada planta está definido por la disponibilidad de recursos, tal es el caso de las plantas que se desarrollan en climas áridos, las

cuales tienden a aumentar sus defensas sobre todo de tipo cualitativo, ya que en estos casos resulta mucho más difícil regenerar los tejidos dañados. La disposición de este tipo de compuestos en los diferentes tejidos vegetales depende de su importancia para la planta, así como de su redistribución según avanza el desarrollo fenológico, por lo tanto, las yemas en crecimiento, hojas jóvenes, órganos reproductores y en general las partes de crecimiento anual muestran mayor contenido de compuestos secundarios que los tejidos viejos (Ramos *et al.*, 1998).

Estos compuestos se agrupan en cuatro clases principales: Terpenos (hormonas, pigmentos o aceites esenciales), Compuestos fenólicos (cumarinas, flavonoides, lignina y taninos) Glucósidos (saponinas, glucósidos cardíacos, glucósidos cianogénicos y glucosinolatos) y Alcaloides (Peñarrieta *et al.*, 2014). Algunos de estos compuestos se han llamado compuestos bioactivos, ya que tienen la capacidad de provocar efectos farmacológicos o toxicológicos tanto en humanos como en animales, en este sentido, se ha demostrado que son útiles para manipular algunos procesos metabólicos en los rumiantes y modular las poblaciones microbianas del rumen permitiendo mejorar la fermentación, el metabolismo del nitrógeno y la disminución de la producción de metano entre otros (Vélez-Terranova *et al.*, 2014).

4.17.1 Taninos

Son sustancias no bien definidas químicamente, pertenecen al grupo de los compuestos fenólicos y se han agrupado debido a que presentan algunas características comunes, su peso molecular oscila entre 500 y 2000 daltons (Piñeiro-Vázquez *et al.*, 2015), en este grupo se encuentran ácidos fenólicos de 7 a 9 átomos de carbono que incluye a los ácidos gálico y p-cumarico, los flavanos de 15 átomos de carbono y las ligninas las cuales presentan un alto grado de polimerización (Ramos *et al.*, 1998).

4.17.1.1 Clasificación De Los Taninos

Convencionalmente estos compuestos se dividen en dos grandes grupos, taninos hidrolizables y taninos condensados (Hervás, 2001).

4.17.1.2 Taninos Hidrolizables

Tal como su nombre lo indica son hidrolizables químicamente (Hervás, 2001), en presencia de ácidos, bases o encimas (Olivas-Aguirre *et al.*, 2015). Están constituidos por un núcleo compuesto por un glúcido, cuyos grupos hidroxilos pueden esterificarse con ácidos fenólicos (ácido gálico, ácido egálico, ácido fecarboxílico y hexahidroxidifénico) (Olivas-Aguirre *et al.*, 2015), cuando estos compuestos son consumidos por los animales, son degradados por los microorganismos ruminales (Piñeiro-Vázquez *et al.*, 2015) y a diferencia de los taninos condensados (TC), los productos de su degradación pueden absorberse en el intestino delgado y ser potencialmente tóxico para los rumiantes especialmente cuando se suministran en grandes cantidades o cuando no se tiene un periodo previo de adaptación (Waghorn, 2008).

4.17.1.3 Taninos Condensados

Los Taninos Condensados (TC), también llamados proantocianidinas, son términos utilizados para aquellos productos naturales que son convertidos en antocianidinas después de ser calentados con ácido, son productos polimerizados de 3-flavonoles solos o una mezcla con 3,4-flavanodiolos, estos polímeros se denominan también flavolanos, por una denominación análoga a la de los polisacáridos arábano o dextrano (Martínez-Moya, 2001), forman parte de los compuestos secundarios de las plantas (Min *et al.*, 2003; Jin *et al.*, 2012), y están formados por polímeros no ramificados de hidroxiflavonoles unidos mediante enlaces entre carbonos, carecen de núcleo glúcido (Hervás, 2001) y tienen la capacidad de unirse a proteínas, iones metálicos y polisacáridos (Tesdechi *et al.*, 2011b), se encuentran distribuidos en todo el reino vegetal (Min *et al.*, 2003; Jin *et al.*, 2012), principalmente en leguminosas forrajeras, árboles y arbustos (Pawełek *et al.*, 2008).

4.17.1.4 Composición y Estructura

Los TC son compuestos complejos de oligómeros y polímeros de unidades flavonoides (flavan -3-ols y/o flavan 3,4-diolos) unidos mediante enlaces C-4 y C8 (Min *et al.*, 2003; Rakhmani *et al.*, 2005; Huang *et al.*, 2010). Los 3-flavonoles son comúnmente denominados catequinas, caracterizados por poseer dos carbonos

asimétricos ligados mediante enlaces de carbono C-3 y C-4 dando lugar a cuatro isómeros (C-4) (Martínez-Moya, 2001), mientras que los 3,4-flavanodiones pertenecen a los compuestos denominados leucoantocianinas, cada una de sus moléculas posee tres átomos de carbono asimétricos (C-2, C-3, C-4) dando lugar a ocho isómeros (enlaces C-8) (Martínez-Moya, 2001), contienen grupos fenólicos con peso molecular entre 500 y 2000 Dalton (Da) (Huang *et al.*, 2010), donde el número de grupos funcionales en una molécula determina la formación de complejos con proteínas, formación de quelatos con iones metálicos y otras capacidades reductoras (Pagan *et al.*, 2010), pueden resultar en miles de formas en las estructuras de los TC, muchas de las cuales pueden afectar la digestión del alimento en el ganado (Rakhmani *et al.*, 2005), sin embargo, no se debe generalizar sobre sus efectos (Cabiddu *et al.*, 2009) ya que tienen tanto efectos benéficos como adversos principalmente en función de su concentración (Huang *et al.*, 2010).

VII. JUSTIFICACION

Actualmente en México se tiene una baja producción de carne de ovino por lo cual en este experimento se realizó una prueba de productividad donde se estudió la respuesta productiva con una dieta alta en grano suplementada con vainas de *Acacia farnesiana*.

Los ovinos han representado una fuente de proteína y, en general, de alimento para la población de Latinoamérica debido a que requieren pocos cuidados en comparación de los diferentes tipos de razas. Además, tienen la peculiaridad de adaptarse, reproducirse y producir bajo cualquier sistema de producción. En México, con la elevada demanda de carne de corderos, la utilización de ovinos de pelo ha sido una alternativa muy apropiada para mantener la producción de cordero durante todo el año, ya que no presentan estacionalidad reproductiva (SAGARPA, 2017). Sin embargo, los corderos de raza de pelo presentan la característica de tener baja tasa de crecimiento y menor eficiencia alimenticia en relación a las razas de lana o aptitud cárnica, siendo más notorio cuando de engordar hembras se trata. En este sentido, parte de la investigación en razas de pelo se ha conducido a la búsqueda de nuevos procedimientos para mejorar el comportamiento productivo.

Recientemente, se proponen a los Fito nutrientes que son compuestos naturales de las plantas (compuesto fenólicos, saponinas, aminoácidos no proteicos, compuestos órgano-azufrados y tepernos) como una alternativa para mejorar la productividad de los animales, dado que tienen propiedades para mejorar el metabolismo de las macromoléculas (carbohidratos y proteínas) del alimento y mejoras en la salud animal actuando como antiparasitarios naturales (Camacho et al., 2010; Zarza-Albarrán, 2016).

VIII. HIPOTESIS

La adición dietaria de vainas de *Acacia farnesiana* en la ración de ovinos engordados en corral mejora la respuesta productiva en términos de consumo de materia seca, ganancia diaria de peso y eficiencia alimenticia.

IX. OBJETIVOS

9.1 GENERAL

Determinar la respuesta productiva de ovinos engordados en corral suplementados con vainas de *Acacia farnesiana* durante la etapa de crecimiento y finalización.

9.2 PARTICULARES

Estimar por periodo y durante el experimento:

1. Peso vivo inicial.
2. Peso vivo final.
3. Consumo de materia seca.
4. Ganancia diaria de peso.
5. Ganancia de peso total.
6. Eficiencia alimenticia.

X. MATERIALES Y MÉTODOS

10.1 Sitio Experimental

La presente investigación se realizó en las instalaciones de la unidad metabólica del Centro Universitario UAEM Temascaltepec.

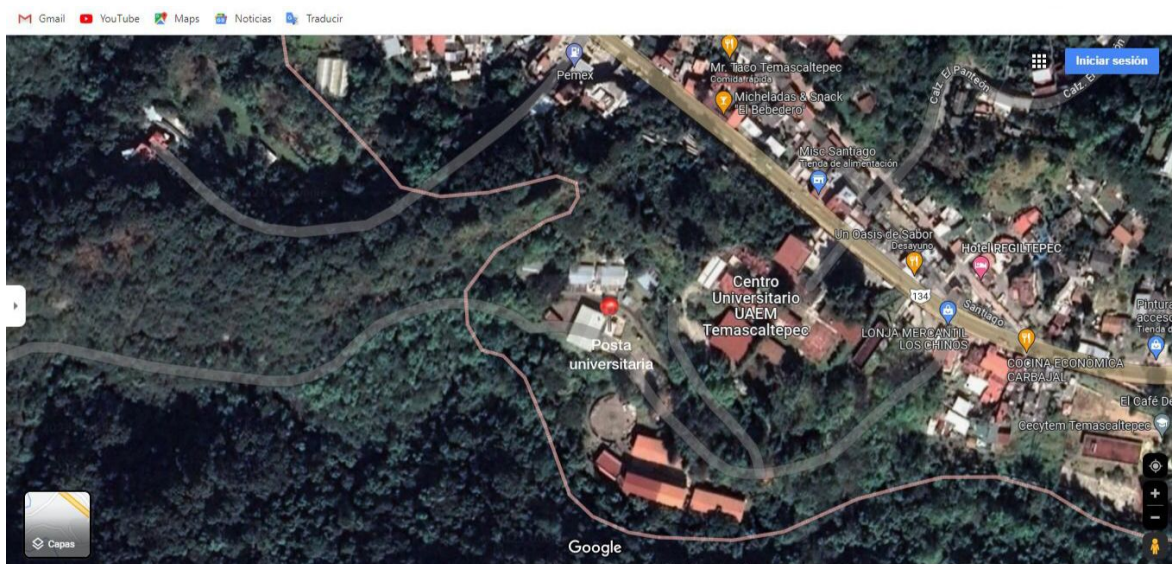


Figura 8. Geolocalización del Centro Universitario UAEM Temascaltepec.

Se encuentra ubicado en el municipio de Temascaltepec de González al sur del Estado de México, ligeramente hacia el sureste de Toluca, en las coordenadas geográficas $100^{\circ}02'$ longitud oeste y $19^{\circ}03'$ de latitud norte con una altura media de 1,740 metros sobre el nivel del mar. Colinda al norte con Valle de Bravo y Amanalco de Becerra; al sur con Tejupilco, San Simón de Guerrero y Texcaltitlán; al este con Zinacantepec y Coatepec Harinas; al Oeste con Zacazonapan y Tejupilco. La distancia a la capital del estado es de 66 kilómetros y de 140km al Distrito Federal. Se tienen identificadas dos zonas climáticas: la templada subhúmeda, al norte y al este: la semiárida húmeda, al sur y al oeste: predominando el subhúmedo, la temperatura media anual oscila entre los 18°C y 22°C y la precipitación pluvial anual va de los 800 a los 1,600 milímetros. (García, 1988).

10.2 Recolección Del Material Vegetal

Entre febrero y mayo de 2018 se realizó la recolección de vainas maduras de *Acacia farnesiana* en predios rurales del municipio de Tejupilco, Estado de México ubicado

en la región Sur del Estado de México 18.579722 latitud N, y entre los -100.407222 longitud O, a una altitud de 640 m sobre el nivel del mar. Esta región tiene clima subhúmedo, con época de lluvias de junio a noviembre y de secas de diciembre a mayo. Las vainas se almacenaron en una bodega donde se secaron a la sombra para evitar la pérdida del contenido de humedad y no sufrieran cambios en la composición química por la exposición a los rayos del sol. Una vez teniendo las vainas secas se molieron a un tamaño de partícula de 3 a 5 mm, en un molino de martillos marca DPM-JUNIOR, modelo ISO 9002. Una vez que las vainas se molieron se enmalezaron con un 5 por ciento del peso y se guardaron en bolsas de plástico para su posterior uso. Las vainas molidas se incluyeron en cuatro dietas que fueron los tratamientos (Tx) para corderos en crecimiento y finalización (NRC, 2007) a diferentes niveles: T₁= 0, T₂= 1.5, T₃= 3.0, T₄= 4.5 % de MS.



Figura 9. Frutos secos triturados de *Acacia farnesiana*.

10.3 Preparación de las dietas y tratamientos

Para el primer periodo se utilizó una dieta basal para ovinos en crecimiento que conto con 18 por ciento de proteína cruda (PC) y 3 Mcal/kg de MS (NRC, 2007) (Cuadro 3). Para el periodo de finalización la dieta se calculó según los

requerimientos del NRC (2007) con 16 porciento de PC y 3.2 Mcal/kg de MS (Cuadro 5).



Figura 10. Elaboración de dietas crecimiento y finalización.

Cuadro 3. Dietas experimentales para ovinos en crecimiento adicionadas con diferentes niveles de frutos secos triturados de *Acacia farnesiana*.

Ingredientes (%)	Crecimiento			
	¥Testigo	T1	T2	T3
Maíz rolado	37.8	37.1	36.3	35.3
Pasta de soya	9.0	9.0	9.0	9.0
Pasta de canola	6.0	6.0	6.0	6.0
Sorgo entero	9.0	9.0	9.0	9.0
FSTAf [¥]	0.0	1.5	3.0	4.5
Melaza	8.0	8.0	8.0	8.0
Urea	0.5	0.5	0.5	0.5
Heno de alfalfa	22.5	21.7	21	20.5
Rastrojo de maíz	5.0	5.0	5.0	5.0
Premezcla mineral	2.0	2.0	2.0	2.0
Carbonato de calcio				
Sal común	0.2	0.2	0.2	0.2

¥ Tratamientos: Testigo: 0.0, T1: 1.5, T2: 3.0 y T3: 4.5 como % de inclusión (BS) de la dieta, [¥]FSTAf, frutos secos triturados de *Acacia farnesiana*

Cuadro 4. Composición química (%) de dietas experimentales en crecimiento.

Nutriente (%)	Crecimiento			
	¥Testigo	T1	T2	T3
MS	91.89	91.99	91.95	91.84
PC	15.17	15.45	15.35	15.06
EE	3.81	3.85	3.38	3.96
FDN	25.08	29.31	33.06	34.62
FDA	21.25	24.86	26.67	28.76
MO	89.8	90.20	90.05	90.20

MS= Materia seca, PC= Proteína cruda, EE= Extracto eterio, FDN= Fibra detergente neutro, FDA= Fibra detergente acida, MO= Materia orgánica

¥ Tratamientos: Testigo: 0.0, T1: 1.5, T2: 3.0 y T3: 4.5 como % de inclusión (BS) de la dieta, ¥FSTAf, frutos secos triturados de *Acacia farnesiana*

Cuadro 5. Dietas experimentales para ovinos en finalización adicionadas con diferentes niveles de frutos secos triturados de *Acacia farnesiana*.

Ingredientes (%)	Finalización			
	¥Testigo	T1	T2	T3
Maíz rolado	50.0	50.0	50.0	50.0
Pasta de soya	7.0	7.0	7.0	7.0
Pasta de canola	7.5	7.5	7.5	7.5
Sorgo entero	9.3	8.5	7.5	6.5
FSTAf ^Ψ	0.0	1.5	3.0	4.5
Melaza	8.0	8.0	8.0	8.0
Urea	0.5	0.5	0.5	0.5
Heno de alfalfa	10.0	9.3	8.8	8.3
Rastrojo de maíz	5.0	5.0	5.0	5.0
Premezcla mineral	2.0	2.0	2.0	2.0
Carbonato de calcio	0.5	0.5	0.5	0.5
Sal común	0.2	0.2	0.2	0.2

¥ Tratamientos: Testigo: 0.0, T1: 1.5, T2: 3.0 y T3: 4.5 como % de inclusión (BS) de la dieta, ΨFSTAf, frutos secos triturados de *Acacia farnesiana*

Cuadro 6. Composición química (%) de dietas experimentales en la etapa de finalización y de los frutos secos triturados de *Acacia farnesiana*.

Nutriente (%)	Crecimiento				Acacia farnesiana
	‡Testigo	T1	T2	T3	
MS	91.65	91.39	91.64	91.03	87.54
PC	14.32	14.04	14.12	14.08	12.52
EE	4.06	4.36	4.14	4.04	3.27
FDN	19.12	20.08	20.46	22.37	38.80
FDA	16.31	17.43	16.87	18.46	34.22
MO	91.10	91.40	91.10	90.60	91.30

MS= Materia seca, PC= Proteína cruda, EE= Extracto eterio, FDN= Fibra detergente neutro, FDA= Fibra detergente acida, MO= Materia orgánica

‡ Tratamientos: Testigo: 0.0, T1: 1.5, T2: 3.0 y T3: 4.5 como % de inclusión (BS) de la dieta, †FSTAf, frutos secos triturados de *Acacia farnesiana*

10.4 Animales, manejo y tratamientos.

Durante todo el periodo experimental, los animales fueron cuidados, manejados de acuerdo a los lineamientos de la norma: NOM-051-ZOO-1995.

El experimento tuvo una duración de 70 días dividido en dos periodos, el primero fue el periodo de crecimiento con una duración de 21 días y el periodo de finalización tuvo una duración de 49 días. Se utilizaron 32 corderos F1 Kathadin con peso promedio inicial de 20 ± 2.0 kg y edad de tres meses para el periodo de crecimiento. Los corderos se alojaron en corraletas individuales, provistas de sombra, comedero y bebederos; esto con la finalidad de que los animales se mantuvieran en el mayor confort posible y disminuir el error experimental asociado a la ejecución del experimento. Al inicio del experimento, los corderos fueron pesados individualmente y distribuidos de acuerdo a su peso vivo en ocho bloques de cuatro animales cada uno; de esta manera se asignaron los tratamientos al azar dentro de cada bloque, mismos que se describen a continuación:

Tratamientos:

1. Dieta basal
2. Dieta basal + *Acacia farnesiana* (1.5%)
3. Dieta basal + *Acacia farnesiana* (3.0%)
4. Dieta basal + *Acacia farnesiana* (4.5%)

Los corderos tuvieron un periodo de adaptación de diez días a las corraletas individuales y dieta basal (Cuadro 3), periodo en el cual se aplicaron vitaminas ADE, vitaminas del complejo B de acuerdo al PV de los animales y vacunas.

10.5 Variables

- Peso vivo inicial: peso de los animales al inicio del experimento.
- Peso vivo final de cada periodo: peso vivo registrado al día 21 para el periodo de crecimiento y al día 70 para el periodo de finalización.
- Ganancia de peso total: esta variable se calculó mediante la sustracción del peso vivo final – peso vivo inicial ($GPT = PVF - PVI$).
- Ganancia diaria de peso: es igual a la ganancia total de peso dividido entre los días de cada periodo ($GDP = GTP/D$).
- Consumo de materia seca: se calcular restando el peso del alimento rechazado al alimento ofrecido todos los días del experimento ($CMS = AO - AR$).
- Eficiencia alimenticia: Cociente de la cantidad de peso que gana el animal por cada kg de materia seca que consume ($EFA = GDP/CMS$).

10.6 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue un diseño de bloques completos al azar, donde cada cordero fue considerado como unidad experimental. Cada tratamiento se asignó al azar a los animales dentro de cada bloque, formando ocho bloques completos; es decir todos los tratamientos estuvieron representados en cada bloque (Steel y Torrie, 1980).

10.7 Modelo estadístico

El modelo estadístico para este diseño experimental es:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j (T_i) + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta (Peso vivo inicial, Peso vivo final, Ganancia de peso total, Ganancia diaria de peso, Consumo de materia seca, Eficiencia alimenticia, Consumo de agua)

μ = Media general

$\beta_j (T_i)$ = Efecto de i-ésimo tratamiento anidado dentro del j-ésimo bloque

ε_{ij} = Error experimental ($N(0, \sigma^2)$).

10.8 Alimentación

El total de alimento fue ofrecido en tres frecuencias de alimentación (6, 12 y 18 h) en las que se ofrecieron 30, 30 y 40 % de la ración diaria con la finalidad de tener fermentación homogénea a través del día y así evitar trastornos metabólicos y variaciones fuertes en el consumo de alimento y así poder evaluar de una manera más exacta el efecto de los tratamientos. Al inicio del experimento la cantidad de alimento ofrecido fue del tres por ciento del peso vivo, al día siguiente se pesó el alimento rechazado y se ajustó la cantidad aumentando 15 por ciento, esta última operación se realizó todos los días para asegurar que los animales tuvieran un libre consumo todos los días.

XI. RESULTADOS ETAPA DE CRECIMIENTO Y FINALIZACIÓN

El consumo de materia seca no fue afectado ($p \geq 0.05$) por la adición frutos secos triturados de *A. farnesiana* (fstaf) en ambos periodos evaluados. durante el periodo de crecimiento de los animales la incorporación de fstaf, aumentó ($p \leq 0.05$) la GDP, GTP y PVF, mientras que la EA tendió ($p = 0.1$) a mejorarse (Figura 11). durante la etapa de finalización no se encontraron diferencias significativas o tendencias ($p > 0.1$) entre las variables por efecto de los tratamientos.

11.1 Respuesta Productiva De Los Ovinos En La Etapa De Crecimiento

Cuadro 7. Comportamiento productivo de ovinos en etapa de crecimiento adicionados con diferentes niveles de frutos de *Acacia farnesiana*.

		Niveles de adición de frutos de <i>A. farnesiana</i> (%)				EEM	P
		0.0	1.5	3.0	4.5		
Etapa							
Crecimiento	PVI kg	22.87	22.94	22.79	22.76		
	PVF kg	28.36 ^b	29.95 ^{ab}	29.83 ^{ab}	30.43 ^a	0.44	0.02
	CMS kg	1.50	1.53	1.49	1.62	0.17	0.45
	GDP kg	0.26 ^b	0.33 ^{ab}	0.33 ^{ab}	0.36 ^a	0.05	0.02
	GTP kg	5.52 ^b	7.10 ^{ab}	6.99 ^{ab}	7.59 ^a	1.25	0.02
	EA	0.17	0.22	0.22	0.22	0.04	0.10

Diferente literal entre columnas indica diferencias estadísticas, EEM error estándar de la media, PVI peso vivo inicial, PVF peso vivo final, CMS consumo de materia seca, GDP ganancia diaria de peso, GTP ganancia total de peso, EA eficiencia alimenticia

11.1.1 Peso Vivo Inicial

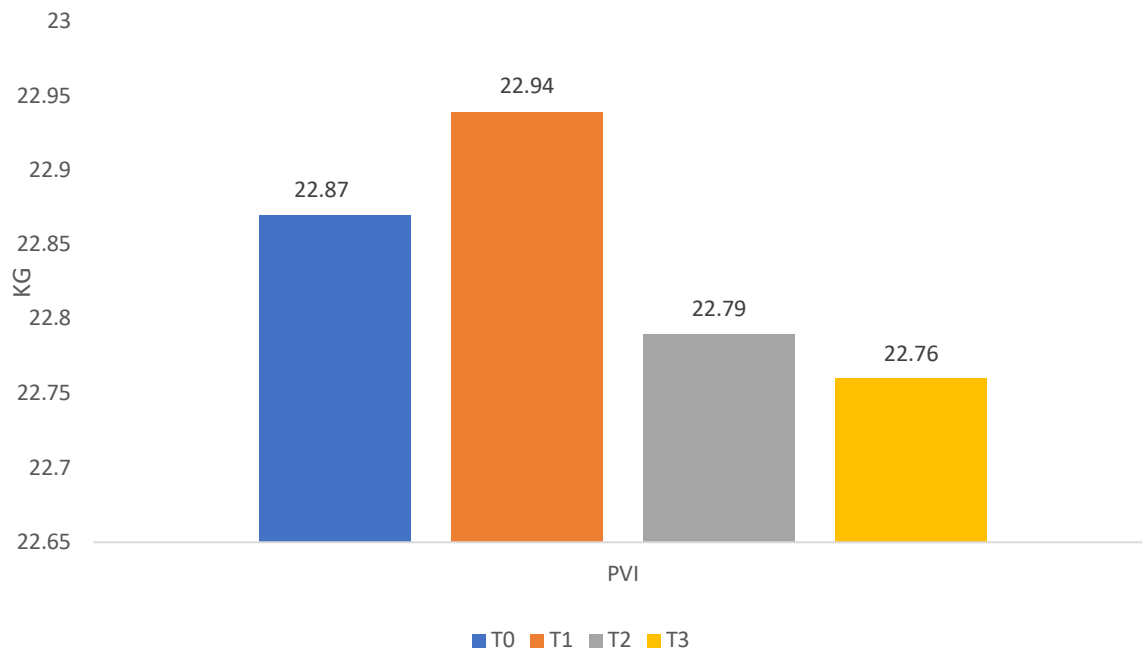


Figura 11. Peso vivo inicial de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de crecimiento

11.1.2 Peso Vivo Final

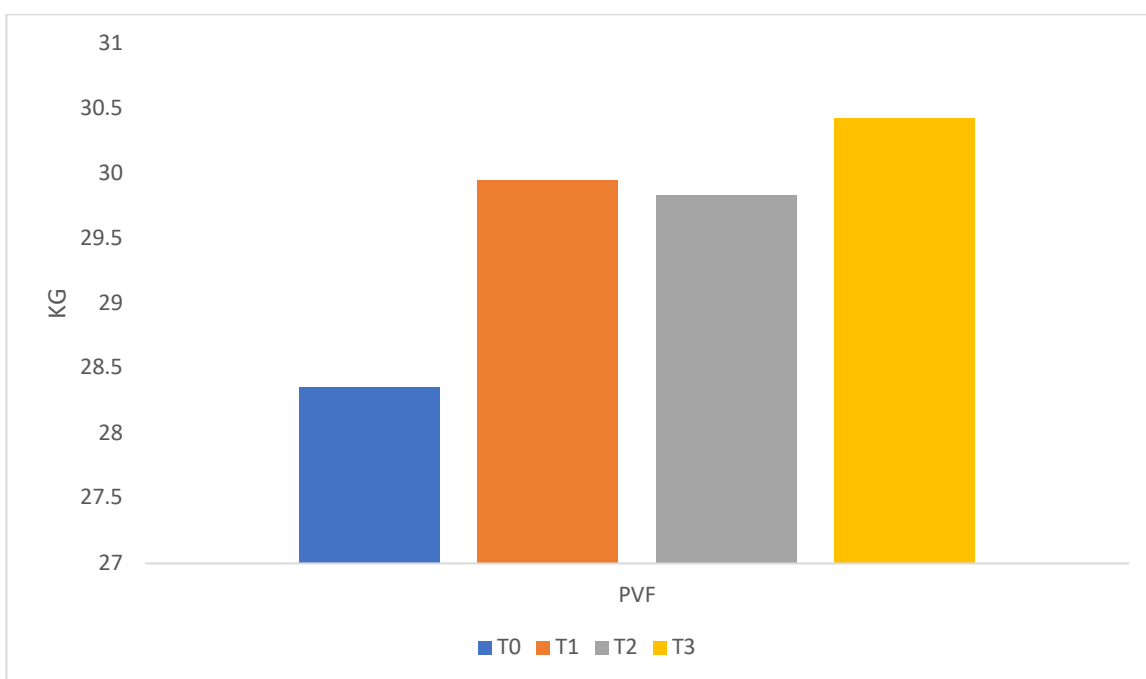


Figura 12. Peso vivo final de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de *Acacia farnesiana*, durante la etapa de crecimiento.

Los resultados obtenidos en la variable de peso vivo final (PVF) ha presentado diferencias significativas ($P= 0.02$) en los tratamientos. Los PVF de los ovinos en los tratamientos con inclusión de *Acacia farnesiana* con niveles 1.5, 3.0 % fueron similares al del tratamiento con 0 de inclusión de Acacia.

Los ovinos que consumieron la dieta con 4.5% de inclusión de Acacia presentaron o mayor ganancia de peso a comparación de los ovinos que consumieron la dieta sin contenido de Acacia.

11.1.3 Consumo De Materia Seca

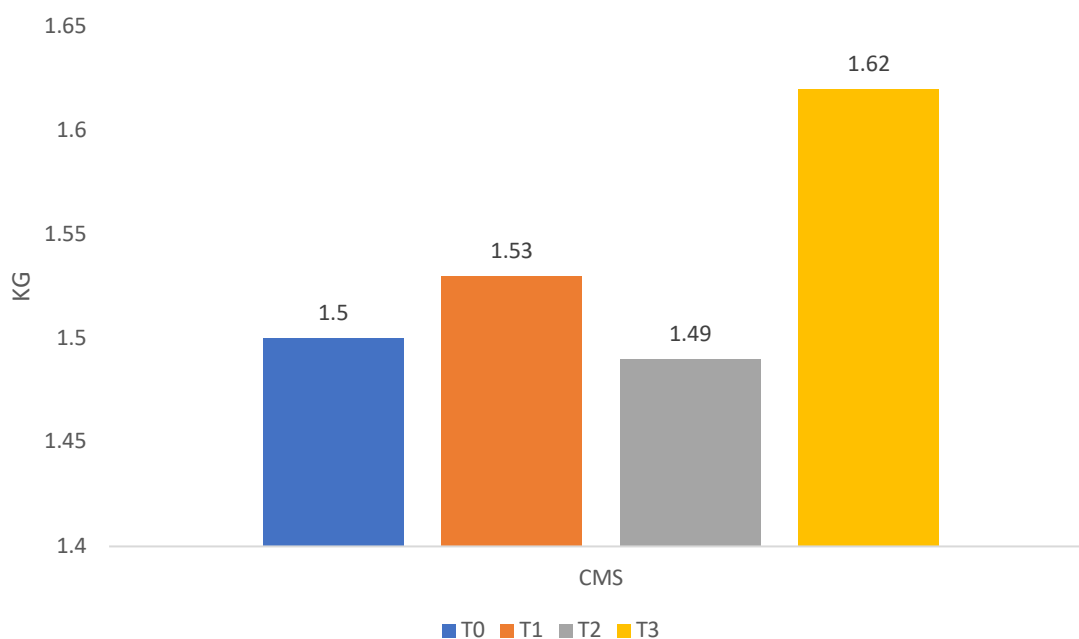


Figura 13. Consumo de materia seca de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de crecimiento.

En la variable de consumo de materia seca (CMS) no existió diferencia significativa ($P=0.45$). promedio 1.53 kg de alimento en la etapa de crecimiento por ovino por día.

La figura 12, muestra la tendencia del consumo de los ovinos en cada tratamientos, sin embargo, no existieron diferencias estadísticas, pero numéricamente se observa que el T4 el consumo tendió a ser mayor.

11.1.4 Ganancia Diaria De Peso

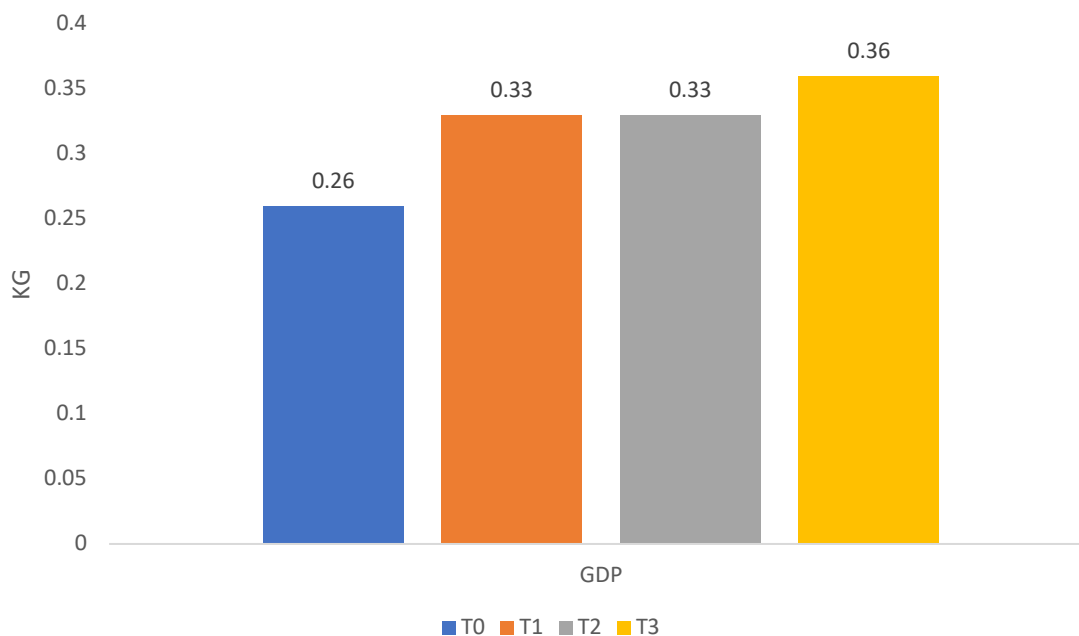


Figura 14. Ganancia diaria de peso de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de crecimiento.

La variable de ganancia diaria de peso (GDP) presento diferencia significativa. La GDP de los tratamientos 0, 1.5 y 3.0% de inclusión fueron similares, sin embargo, la GDP de los ovinos del tratamiento con 4.5% de inclusión fue mayor al de los ovinos que no consumieron en la dieta vaina de huizache.

11.1.5 Ganancia Total De Peso

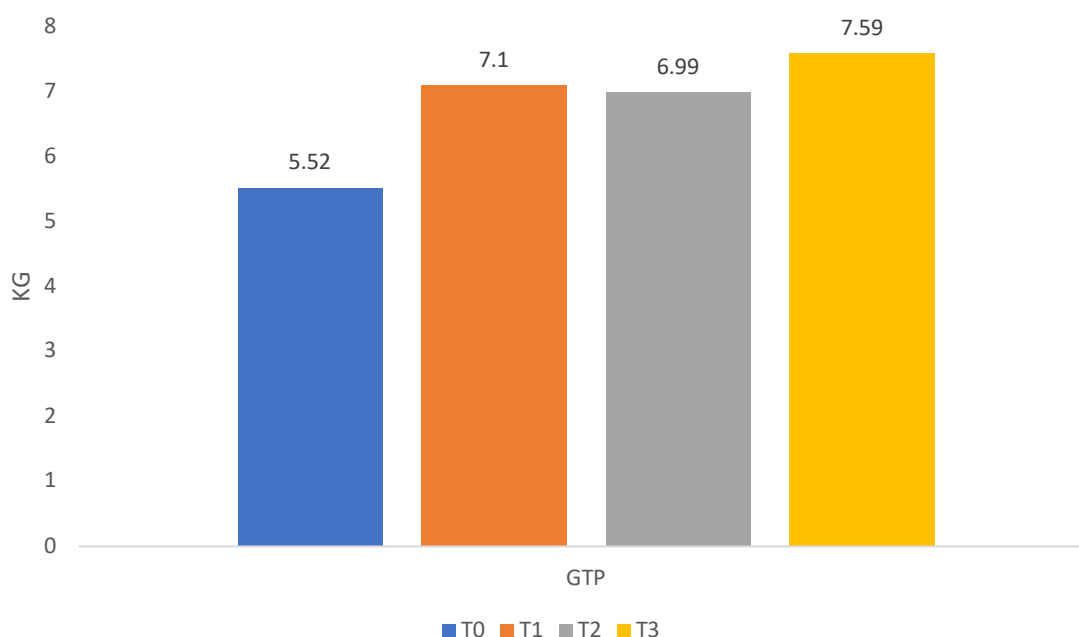


Figura 15. Ganancia total de peso de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de *Acacia farnesiana*, durante la etapa de crecimiento.

La ganancia total de peso (GTP) de los ovinos presento diferencias significativas, los tratamientos con inclusión de vaina presentaron similar GTP. El tratamiento con el nivel de inclusión más alto presento mayor GTP respecto a los ovinos que consumieron dietas sin vaina de huizache. Lo que significa que existe respuesta favorable la inclusión de la vaina en esta variable. Con mejores resultados a comparación de las otras. La inclusión de vainas de *Acacia farnesiana* en las dietas con niveles en del 1.5%,3.0% y 4.5% no presento diferencias estadísticas entre los tratamientos. Lo cual indica que en promedio los ovinos ganaron 6.80 kg de GTP la etapa de crecimiento.

11.1.6 Eficiencia Alimenticia

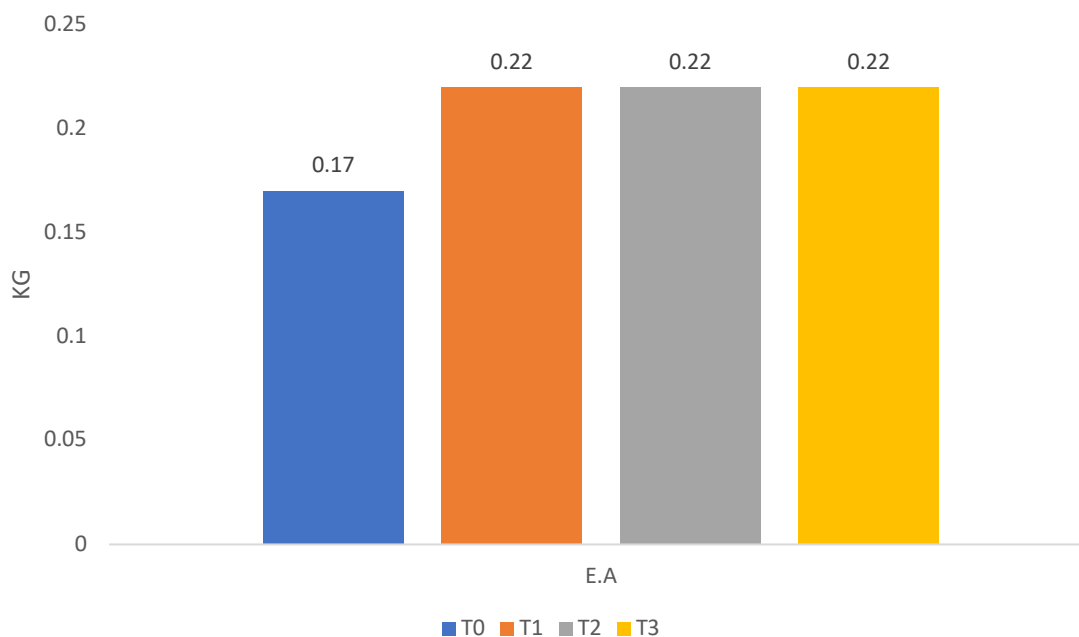


Figura 16. Eficiencia alimentaria de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de *Acacia farnesiana*, durante la etapa de crecimiento.

La eficiencia alimenticia fue similar entre los ovinos de cada tratamiento. Se obtuvo promedio de 0.20, lo que indica que por cada kilo de alimento consumido los ovinos ganaron 220 g en la etapa de crecimiento.

11.2 Respuesta Productiva De Los Ovinos En La Etapa De Finalización.

Cuadro 8. Comportamiento productivo de ovinos en etapa de finalización adicionados con diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana.

Etapa		Niveles de adición de frutos de <i>A. farnesiana</i> (%)				EEM	P
		0.0	1.5	3.0	4.5		
Finalización	PVI	28.05	29.28	29.65	30.91		
	PVF	45.69	45.70	46.88	46.23	2.79	0.81
	CMS	1.52	1.50	1.50	1.63	0.17	0.52
	GDP	0.33	0.33	0.35	0.34	0.05	0.82
	GTP	16.29	16.28	17.45	16.82	2.78	0.82
	EA	0.21	0.21	0.23	0.21	0.03	0.65

Diferente literal entre columnas indica diferencias estadísticas, EEM error estándar de la media, PVI peso vivo inicial, PVF peso vivo final, CMS consumo de materia seca, GDP ganancia diaria de peso, GTP ganancia total de peso, EA eficiencia alimenticia

En la etapa de finalización los ovinos no presentaron diferencias significativas en las variables de la respuesta animal tal como PVI, PVF, CMS, GDFF, GTP, EA. Lo que indica que el uso de la vaina de huizache con un nivel del 1.5, 3.0 y 4.5% puede ser utilizada en la dieta de ovinos en finalización. El huizache es un fruto que aporta proteína de un 14.4 %.

La Figura 17, 18, 19, 20; 21 y 22 muestran el comportamiento de las variables productivas.

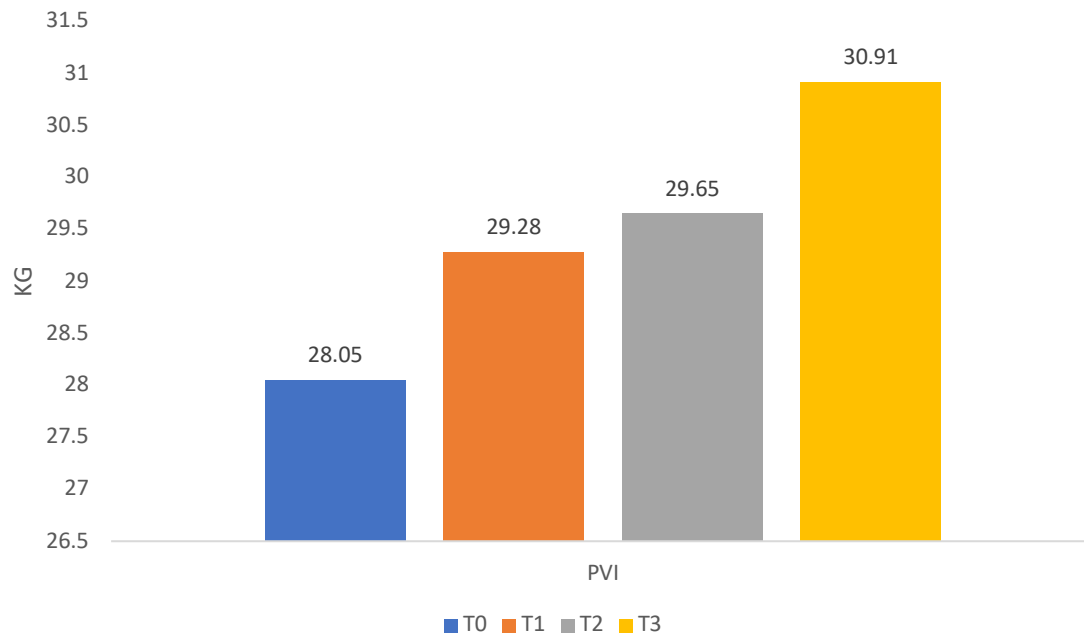


Figura 17. Peso vivo inicial y peso vivo final de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de finalización.

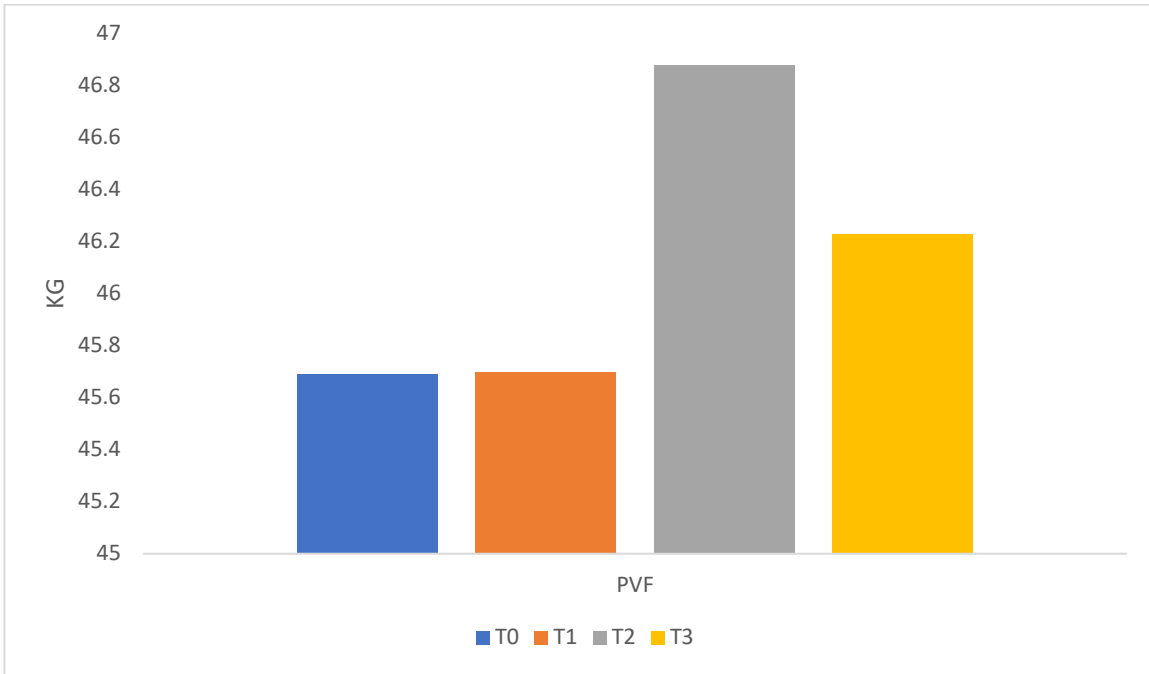


Figura 18. Peso vivo final de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de finalización.

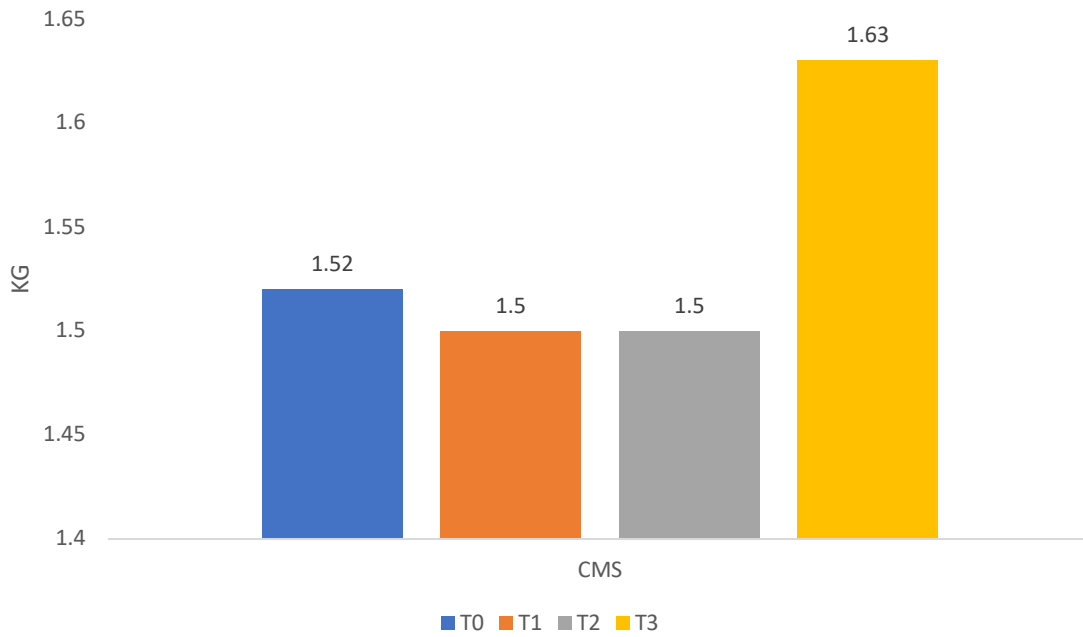


Figura 19. Consumo de materia seca de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de finalización.

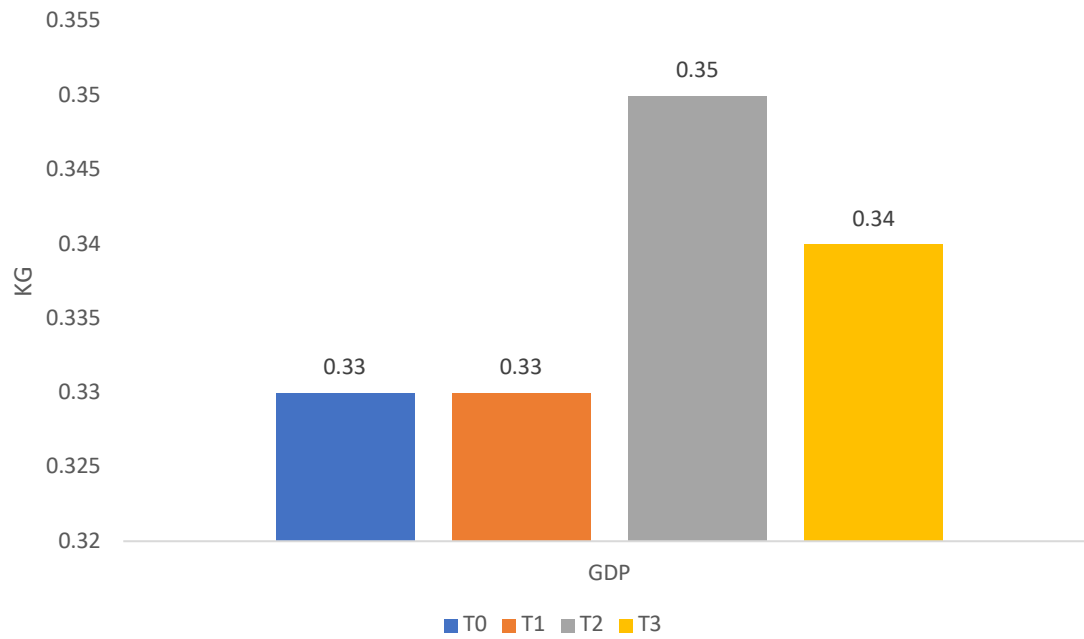


Figura 20. Ganancia diaria de peso de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de *Acacia farnesiana*, durante la etapa de finalización.

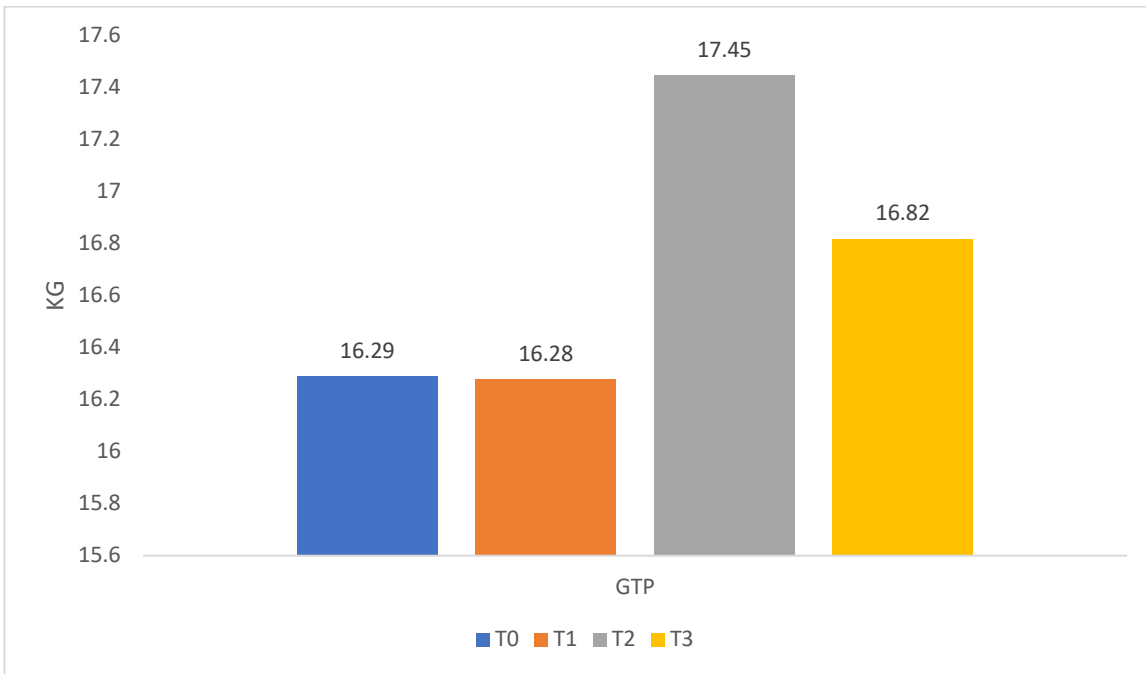


Figura 21. Ganancia total de peso de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de finalización.

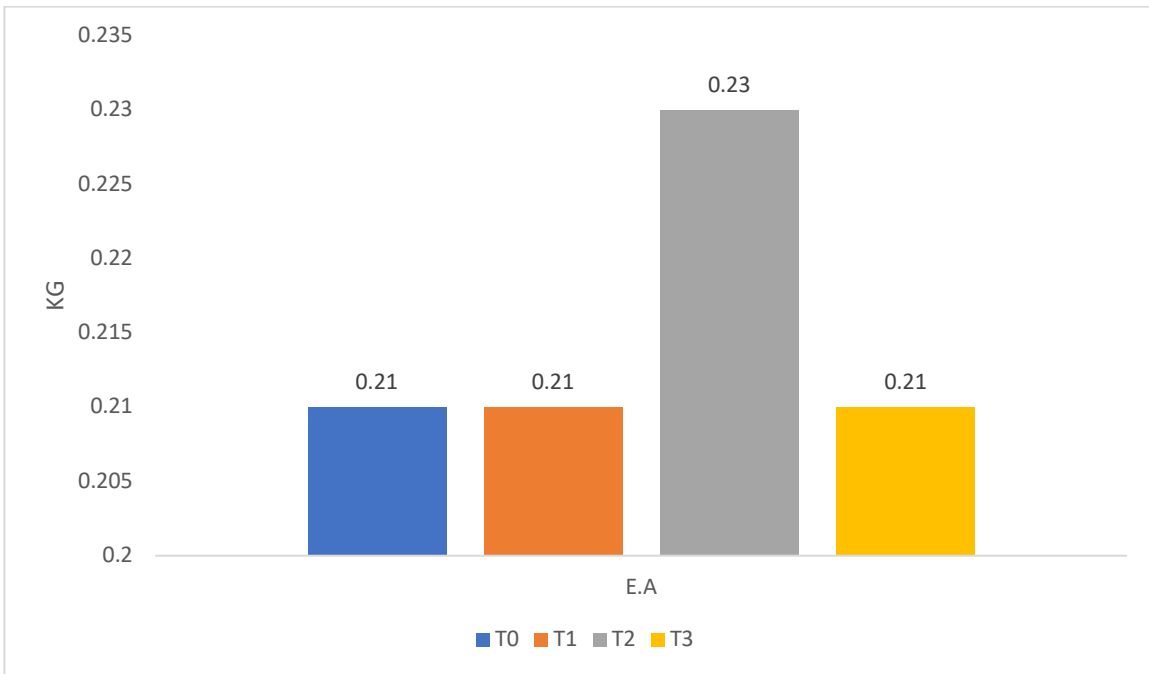


Figura 22. Eficiencia alimentaria de ovinos recibiendo en su dieta diferentes niveles de frutos de Acacia farnesiana, durante la etapa de finalización.

XII. DISCUSIÓN

Si bien es cierto que la producción animal puede ser incrementada por el simple hecho de aumentar el consumo voluntario o bien proporcionado alimentos con tasas de digestión más alta (granos vs forrajes); sin embargo, el entendimiento del fenómeno no es sencillo, esto es porque los mecanismos son extremadamente complejos y variables entre animales. Por ejemplo, es bien sabido que a nivel de sistema nervioso central se tienen dos centros relacionados con el apetito y la saciedad, que causa el inicio de la ingesta y el término conocido como el estar satisfecho. Bajo este contexto, se tiene que considerar que el consumo de materia seca en los animales rumiantes es poco entendido, es por eso que la discusión de la presente variable no debe tomarse como absoluta. Consumo de materia seca (CMS). El CMS es uno de los parámetros más críticos cuando se utilizan ingredientes ricos en compuestos fenólicos (taninos condensados, taninos hidrolizables y flavonoides) como parte de la dieta de los animales. En un estudio previo realizado por este grupo de investigación se reportó que los FSTA_f contienen compuestos fenólicos tales como galato de etilo, galato de metilo, ácido gálico, naringina y naringenina. Dichos compuestos podrían intervenir en el metabolismo de los nutrientes primarios de la dieta de los animales. Existen estudios que han reportado que la cantidad de fenoles totales de los frutos de *A. farnesiana* pueden estar en el orden de 397.5 g/kg de materia seca. En general los compuestos fenólicos presentan diferentes efectos bioactivos al ser consumidos por los animales, por ejemplo, los flavonoides como la naringina y naringenina que se encontraron en las vainas secas de *A. farnesiana* que se utilizaron en el presente estudio podrían incrementar la digestión de los carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa) de las paredes de la célula vegetal y también podrían modificar la síntesis de proteína microbiana favoreciendo las especies celulolíticas e inhibiendo la metanogénicas. Biológicamente, esto se puede explicar a que los compuestos fenólicos como los flavonoides y los taninos condensados por su peso molecular, pueden formar complejos con las proteínas y carbohidratos dietarios, a través de cuatro enlaces químicos: a) puentes de hidrogeno entre los radicales hidroxilos de los grupos fenólicos y el oxígeno de los grupos amida de los enlaces peptídicos de

las proteínas, mismos que pueden ser reversibles dependiendo del pH del medio, b) interacciones hidrofóbicas entre el anillo aromático de los compuestos fenólicos y las regiones hidrofóbicas de la proteína, c) enlaces iónicos entre el ion fenolato y el sitio catiónico de la proteína, este tipo de complejos son exclusivos de los taninos hidrolizables y son reversibles. El ácido gálico presente en FSTAf, el cual forma parte de la estructura química de los taninos hidrolizables, por lo que este fenómeno pudo haber ocurrido en la presente investigación y finalmente, d) enlace covalente a través de la oxidación de polifenoles a quinonas y su posterior condensación con grupos nucleofílicos de la proteína, este tipo de complejos son reversibles. En el presente estudio el nivel de inclusión más alto en la dieta fue de 45 g de FSTAf, y si se considera que el 39.7% de dicha cantidad son fenoles totales, se estima que la dieta solo tuvo 17.86 g de compuestos bioactivos. En el presente estudio la adición de FSTAf no mostró diferencias entre tratamiento para el consumo de materia seca en ambas etapas productivas ya que los niveles de inclusión en la dieta de los compuestos bioactivos que se utilizaron estuvieron por debajo de los 50 g/ kg de MS, concentración que se ha considerado benéfico al no presentar efecto negativo en el consumo voluntario de los animales. Ingestas mayores a dicha cantidad puede afectar negativamente el consumo de materia seca y por consecuencia la respuesta productiva de los animales. Existen investigaciones donde tampoco se ha reportado efecto negativo de la inclusión de *A. farnesiana* en la dieta cuando se usaron de 120 a 240 g/kg de MS, por el contrario cuando la inclusión fue de 300 g/kg de MS, se aumentó el consumo en ovinos. Es importante considerar que en este tipo de estudios se debe determinar los compuestos bioactivos específicos que se encuentran en la MS de las plantas, porque dependiendo de la naturaleza química y concentración de cada uno de ellos será la respuesta biológica en los animales. En este sentido se mencionan que los taninos condensados en frutos de *A. farnesiana* no influye sobre el consumo ni el índice de palatabilidad, pero la cantidad de fenoles totales si afecta éste parámetro. Es importante mencionar que la concentración de compuestos secundarios en *A. farnesiana* puede ser variable y depende del estado de madures de los frutos, condiciones edafológicas y

ambientales en que estas se desarrollan, naturaleza morfológica y química del tipo de compuesto.

Ganancia de peso. Tanto la ganancia diaria de peso (GDP) como ganancia total de peso (GTP) en la etapa de crecimiento, fueron afectados positivamente por los tratamientos con inclusión de FSTAf, mismos que fueron reflejados en el peso vivo final (PVF) de los animales. La GDP encontrados en este estudio (260, 330, 330, 360 g/d) para el periodo de crecimiento y (330, 330, 350, 340 g/d) en la etapa de finalización para Testigo, T1, T2, T3 respectivamente. El incremento de las variables productivas, durante la etapa de crecimiento se puede atribuir a que los animales consumieron una dieta más alta en proteína y si se considera que los compuestos fenólicos (galato de etilo, galato de metilo, ácido gálico, naringina y naringenina) presentes en los FSTAf son compuesto químicos de alto peso molecular(4), de una estructura química compleja con una gran cantidad de grupos hidroxilo fenólicos mismos que pueden formar complejos (36) con las proteínas aminoácidos y polisacáridos de reserva y estructurales de la dieta(6), los cuales a pH neutros son insolubles, que al pasar al abomaso por efecto del pH ácidos(37, 38), se disocian aumentando el pool de proteína metabolizable a duodeno, por lo tanto se incrementa la disponibilidad de aminoácidos para la síntesis proteína muscular que se traduce en una mayor ganancia de peso como sucedió en los animales que recibieron FSTAf de la presente investigación. Un mecanismo más puede ser la alteración que estos generan sobre las poblaciones bacterianas del rumen ya que pueden inhibir el crecimiento de protozoarios y bacterias fibrolíticas, a su vez estimular la proliferación de bacterias amilolíticas tales como, *Succinimonas amylolytica* y *Selenomonas ruminantium* productoras de propionato(39). Además, las adiciones de saponinas de algunas especies mejoran la eficiencia de síntesis de proteína microbiana conduciendo a un proceso de fermentación energéticamente de mayor eficiencia(39). En muchas regiones tropicales y subtropicales de México y del mundo se encuentran diversos árboles y arbustos ricos en estos compuestos bioactivos que podrían ser utilizados como estrategia nutraceútica para la mejora de productividad animal de las zonas rurales del mundo, donde el uso de alimentos concentrados proteicos o energéticos son poco disponibles. Existen otros estudios

que ha incluido forrajes de árboles y/o arbustos en la alimentación animal, de manera particular cuando *Guazuma ulmifolia* (40) fue incluida existió una mejora en la ganancia de peso, lo mismo sucedió en la investigación de García-Winder et al. (7) cuando incluyo 12 % de frutos de *A. farnesiana* en la dieta de corderas Pelibuey en crecimiento.

XIII. CONCLUSIONES

La respuesta productiva de ovinos en la etapa de crecimiento y finalización en corral utilizando diferentes niveles de inclusión de vainas de acacia farnesiana en la dieta tiende a mejorar la respuesta productiva de los ovinos alimentados con las vainas de *acacia farnesiana*.

La utilización de la vaina de *Acacia farnesiana* al 4.5 % en la dieta de ovinos en crecimiento, mejora la respuesta productiva ganancia diaria de peso, ganancia total de peso comparada con la dieta que no incluía acacia.

El uso de la vaina en la dieta de ovinos en la etapa de finalización tiene un valor alimenticio similar al de las dietas que no contiene acacia.

Por lo que la acacia si puede ser utilizada en la alimentación de ovinos en la etapa de crecimiento y finalización.

XIV. LITERATURA CITADA

- Almanza A. 2007. Asociación mexicana de creadores de ovinos.
- Armato LM, Giancesella M, Morgante M, Fiore E, Rizzo M, Giudice E, Piccione G. 2016. Rumen volatile fatty acids x dietary supplementation with live yeast and yeast cell wall in feedlot beef cattle. *Acta Agriculturae Scandinavica: Animal Science*. 66(2):119-124. ISSN: 0906-4702
- Arriaga, V., V. Cervantes y A. Vargas-Mena. 1994. Manual de Reforestación con Especies Nativas: Colecta y Preservación de Semillas, Propagación y Manejo de Plantas. SEDESOL / INE – Facultad de Ciencias UNAM. México, D.F.
- Arriaga-Jordán, C., Flores-Gallegos, F., Peña-Carmona, B., Albarrán-Portillo, A., García-Martínez, A., Espinosa-Ortega, C., González-Esquivel y Castelán-Ortega, O. 2001. Participatory on-farm evaluation of the response to concentrate feeding supplementation by cows in early lactation in smallholder peasant dairy production systems in the highlands of central Mexico. *J. Agric. Sci.*, 137: 97-103.
- Ávalos-García A, Pérez-Urria, Carril E (2009) Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)*. Serie Fisiología Vegetal. 2 (3): 119-145.
- Cabiddu A, Molle G, Decandia M, Spada S, Fiori M, Piredda G, Addis M (2009) Responses to condensed tannins offowering sulla (*Hedysarum coronarium* L.) grazed by dairy sheep Part 2: Effects on milk fatty acid profile. *Livestock Science* 123 230–240.
- Camacho LM, Rojo R, Salem AZM, Provenza FD, Mendoza GD, Avilés F, Montanez-Valdez OD (2010) Effect of season on chemical composition and in situ degradability in cows and in adapted and unadapted goats of three Mexican browse species. *Animal Feed Science and Technology* 155: 206–212.
- Church D.C. (1969) *El rumiante Fisiología digestiva y nutrición*, ZARAGOZA (España), Acribia, S.A. 1-641 pp.
- Church. D.C., Pond, W.G Y Pond K.R., 2004. *Fundamentos de la nutrición y alimentación de animales*. Segunda edición. Edit. Limusa wiley. México.

- DePeters EJ, George LW. 2014. Rumen transfaunation. *Immunology Letters*. 162(1):69-76. ISSN: 0165-2478. ISSN: 0999-193X.
- Ephraim, E., A. Odenyo and M. Ashenafi. 2005. Isolation and characterization of tannin-degrading bacteria from faecal samples of some wild ruminants in Ethiopia. *Animal Feed Science and Technology*, 118: 243-253.
- GARCÍA, G. (Edit). 1986. Producción ovina. fac. de ciencias agrarias, dep. de producción animal, Universidad de Chile. 344 p.
- Hervás G (2001) Los taninos de quebracho en la nutrición de ovejas, efecto sobre la fermentación en el rumen y la digestibilidad, toxicidad y utilización como protectores frente a la degradación ruminal. Tesis Doctoral, pp.
- Hofman R.R. (1993). Anatomía del conducto gastro-intestinal. El rumiante, Fisiología digestiva y Nutrición. Editorial Acribia. España. pp.15-46.
- Huang XD, Liang JB, Tan HY, Yahya R, Khamseekhiew B, Ho YW (2010) Molecular weight and protein binding affinity of Leucaena condensed tannins and their effects on in vitro fermentation parameters. *Ani. Feed Sci. and Technol.* 159 81–87.
- INIA (SISTEMAS DE PRODUCCIÓN OVINA EN LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA). Obtenido desde: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR38520.pdf> ISSN: 0022-0302.
- Jiang FG, Lin XY, Yan ZG, Hu ZY, Liu GM, Sun YD, Liu XW, Wang ZH. 2017. Effect of dietary roughage level on chewing activity, ruminal pH, and saliva secretion in lactating Holstein cows. *Journal of Dairy Science*. 100(4):1-12.
- Jin L, Wang Y, Iwaasa AD, Xu Z, Schellenberg MP, Zhang YG, Liu XL, McAllister TA (2012) Effect of condensed tannins on ruminal degradability of purple prairie clover (*Dalea purpurea* Vent.) harvested at two growth stages. *Ani. Feed Sci. and Technol.* 17617–25.
- Krehbiel C.R., P.A.S. (2014). Invited Review: Applied nutrition of ruminants: Fermentation and digestive physiology. *The Professional Animal Scientist* 30:129–139 DOI: [http://dx.doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30100-5](http://dx.doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30100-5)

- Martínez-Moya TF (2001) Incremento de la disponibilidad intestinal de la proteína y almidón mediante la manipulación de su degradabilidad en el rumen. Tesis doctoral. Pp. 61-70.
- May D.C. (1951) Anatomía del ovino manual de disección, primera, segunda y tercera edición, AUSTRALIA, Hemisferio Sur. 1-561 pp.
- Medrano, J. A. (2000). Recursos animales locales del centro de México. *Archivos de zootecnia*, 49(187).
- Min BR, Barry TN, Attwood GT, McNabb WC (2003) The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate: a review. *Animal Feed Science and Technology* 106 3–19.
- Mujica F. 2005 Razas ovinas y caprinas en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias Osorno, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias Boletín INIA N° 127. 88 p.
- Nagaraja T.G. (2016). Microbiology of the Rumen. Chapter 2. Rumenology. Springer International Publishing Switzerland. 39-61. DOI: 10.1007/978-3-319-30533-2_2
- Nuncio-Ochoa, Guadalupe; Nahed Toral, José; Díaz Hernández, Blanca; Escobedo Amezcua, Federico; Salvatierra Izaba, Ernesto Benito Caracterización de los sistemas de producción ovina en el estado de Tabasco *Agrociencia*, vol. 35, núm. 4, julio-agosto, 2001, pp. 469-477.
- Olivas-Aguirre FJ, Wall-Medrano A, González-Aguilar GA, López-Díaz JA, Álvarez-Parrilla E, De la Rosa LA, Ramos-Jiménez A (2015) Taninos hidrolizables; bioquímica, aspectos nutricionales y analíticos y efectos en la salud. *Nutr Hosp.* 31(1):55-66 ISSN 0212-1611.
- Owens F.N., Goetsch A.L. (1993). Fermentación ruminal. El rumiante, Fisiología digestiva y Nutrición. Editorial Acribia. España. pp. 159-189.
- Pagán S, Muir JP, Lambert BD, Tedeschi LO, Redmon LA (2010) Phosphorus and other nutrient disappearance from plants containing condensed tannins using the mobile nylon bag technique. *Ani. Feed Sci. and Technol.* 156 19–25.

- Partida de la Peña J.A., Braña V.D., Jiménez S.H., Ríos R.F.G., Buendía R.G. (2013). Producción de carne ovina. Libro Técnico No. 5. SAGARPA. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Ajuchitlán, Qro. Obtenido desde: <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/MANUALES%20INIFAP/Manual%20Producci%C3%B3n%20de%20Carne%20Ovina.pdf> en Febrero de 2017.
- Pawelek DL, Muir JP, Lambert BD, Wittie RD (2008) *In sacco* rumen disappearance of condensed tannins, fiber, and nitrogen from herbaceous native Texas legumes in goats. *Ani. Feed Sci. and Technol.* 142 1–16.
- Peñarrieta M, Tejeda L, Mollinedo P, Vila JL, Bravo JA (2014) Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos. *Revista Boliviana de Química*, vol. 31, núm. 2, pp. 68-81
- Perezgrovas, G.R. 1999. Los carneros de San Juan. Ovinocultura Indígena en los altos de Chiapas. 2ªed. Instituto de Estudios Indígenas. Universidad Autónoma de Chiapas. San Cristobal de las Casas. Chiapas. México. 75 pp.
- Piñeiro-Vázquez AT, Canul-Solís JR, Alayón-Gamboa JA, Chay-Canul AJ, Ayala-Burgos JA, Aguilar-Pérez CF, Solorio-Sánchez FJ, Ku-Vera JC (2015) Potential of condensed tannins for the reduction of emissions of enteric methane and their effect on ruminant productivity, *Arch Med Vet* 47, 263-272.
- Rakhmani S, Brooker JD, Jones GP, Palmer B (2005) Composition of condensed tannins from *Calliandra calothyrsus* and correlation with *in sacco* digestibility. *Ani. Feed Sci. and Technol.* 121 109–124.
- Ramón C. Manual de Producción Ovina. Paraguay, 2010. Obtenido desde: https://www.paho.org/par/index.php?option=com_docman&view=download&alias=163-manual-de-produccion-ovina&category_slug=ambiente-y-desarrollo&Itemid=253
- Ramos G, Frutos P, Giráldez FJ, Mantecón AR (1998) los compuestos secundarios de las plantas en la nutrición de los herbívoros. *Arch. Zootec.* 47: 597-620. 1998.

- Resende Jr JC, Daniel JLP, Barreto-Vianna ARC, Peixoto JV, Guimarães GC, Costa SF, Lima RF, Meirelles FC. 2019. Determination of volatile fatty acids clearance in intact ruminal digesta. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 14(1):8-17. ISSN: 1900-9607
- Romero M. ZOOTECNIA DE OVINOS. 2012. Obtenido Desde: http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntes_zoo/unidad_4_ovinos.pdf
- Ruckebusch Y. (1993). Motilidad del conducto gastro-intestinal. El rumiante, Fisiología digestiva y Nutrición. Editorial Acribia. España. pp. 69-115.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2017). Obtenido desde <https://www.gob.mx/sagarpa> en mayo 2018.
- Tedeschi LO, Callaway TR, Muir JP and Anderson R 2011b. Potential environmental benefits of feed additives and other strategies for ruminant production. *Revista Brasileira de Zootecnia* 40, 291 –309.
- Vega P.C.A. y García B.D.R. (2011). Guía práctica para pequeños productores ovinos. Proyecto Alianza Ovina con la Asociación de Productores Ovinos del Tundama y Sugamuxi “ASOPROVINOS”. Fundación Social de Holcim Colombia. Editorial Jotamar Ltda. Tunja. Obtenido desde: http://www.fundacionsocialholcimcolombia.org/OVINOS_Guia-Practica.pdf en Febrero 2017
- Velázquez B., Mercado Y., Téllez A., Ayala M., Hernández E., Álvarez J. (Nutrición Ovina). F. Trejo, (eds.). *Ciencias Biológicas y de la Salud, Proceedings-©ECORFAN-México*, 2017.
- Velázquez, A.J., González, M., Perezgrovas, R., Bórquez, J., & Domínguez, I.. (2011). Producción, digestibilidad y rentabilidad en corderos de dietas con vainas de *Acacia farnesiana*. *Archivos de Zootecnia*, 60(231), 479-488. <https://dx.doi.org/10.4321/S0004-05922011000300037>.
- Vélez-Terranova M, Campos-Gaona R, Sánchez-Guerrero H (2014) Uso de metabolitos secundarios de las plantas para reducir la metanogénesis ruminal. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17 489 – 499.

- Waghorn G (2008) Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production—Progress and challenges. *Animal Feed Science and Technology* 147 (2008) 116–139.
- Wallace RJ, Snelling TJ, McCartney CA, Tapio I, Strozzi F.2017. Application of meta.omics techniques to understand greenhouse gas emissions originating from ruminal metabolism. *Genetics Selection Evolution*. 49(9):3-14.
- Welch J.G., Hooper A.P. (1993). Ingestión de alimentos y agua. El rumiante, Fisiología digestiva y Nutrición. Editorial Acribia. España. pp. 117-126.
- Willd 1806. Acacia farnesiana. Publicado en: *Species Plantarum*. Editio quarta 4(2): 1083-1084. 1806
- Yokoyama M.T., Johnson K.A. (1993). Microbiología del rumen e intestino. El rumiante, Fisiología digestiva y Nutrición. Editorial Acribia. España. pp. 137-157.

Paginas web

- <https://zootecnistasyveterinarios.com/raza-blackbelly/#Cuales-son-las-caracteristicas-de-los-borregos-blackbelly-tradicionales>

XV. ANEXOS

15.1 Técnicas Utilizadas En El Laboratorio Para Determinar La Composición Química De Las Dietas Experimentales.

15.1.1 Humedad Y Materia Seca

Material y equipo:

- a) Estufa de aire forzado calibrada en un rango de temperatura de 55 a 110 °C.
- b) Desecador provisto de gel de sílice con indicador de humedad.
- c) Bolsas de papel
- d) Crisoles de porcelana de 3-4cm de diámetro y de 2.3 cm de altura o cápsula de aluminio.

Principio:

La humedad de una muestra se pierde por su volatilización a causa de calor aplicado. El porcentaje es calculado por diferencia en el peso.

Procedimiento:

Si la muestra es fresca, se debe obtener un peso de ella, o de una porción significativa; inmediatamente después se debe poner a secar en una estufa de aire forzado por varios días a una temperatura de 55 °C. Después de este tratamiento, se pesa de nuevo la muestra, y por diferencia se calcula como un porcentaje de humedad a 55°C. 100 menos este valor es el porcentaje de esta materia seca (MS) a 55°C. Esta muestra puede entonces molerse en un molino Willey o algún otro, con el fin de obtener una muestra más homogénea para determinaciones posteriores.

Una vez que la muestra llega a su estado seco, se puede guardar en frascos de vidrio plenamente identificados y almacenados a temperatura ambiente, si su

análisis se va a realizar pronto o bien en un cuarto con aire acondicionado para análisis posteriores, con el fin de evitar cambios en su composición real.

Par determinar humedad a 110°C, se colocan charolas de aluminio o en crisoles de porcelana en una estufa a 110°C por lo menos durante una hora. Se sacan y se colocan en un desecador hasta que se enfríen a temperatura ambiente (3-5 minutos). Las charolas o crisoles deben pesarse en una balanza analítica, usando pinzas de metal para manejarlas. Se pesan 2 gramos de cada muestra y se colocan en la estufa a 110°C de 18 a 24 h; una vez transcurrido este tiempo, deben enfriarse en un desecador, repitiéndose el procedimiento anterior. Cada muestra se analiza por triplicado o duplicado.

Cálculos:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{\text{Pérdida de peso (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

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

El residuo de este análisis puede ser guardado en un desecador para ser usado en la determinación de extracto etéreo o cenizas. Todas las subsecuentes determinaciones del análisis proximal serán hechas y expresadas en por ciento de la muestra en base seca.

15.1.2 Proteína Cruda Por El Método Micro-Kjeldahl

Material y Equipo:

- a) Campana de extracción de gases.
- b) Aparato de digestión micro-Kjeldahl.
- c) Tubos de ensayo 100 ml.
- d) Matraz de Kjeldahl 500 ml.
- e) Destilador macro Kjeldahl.
- f) Matraces Erlenmeyer de 50ml.
- g) Bureta de 50ml.
- h) Pipetas de 5 y 20 ml.

Reactivos:

- a) Ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado.
- b) Solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 40% (400 g L^{-1} de agua destilada).
- c) Solución de ácido bórico (H_3BO_3) al 4% (40 g L^{-1} de agua destilada).
- d) Solución indicadora de rojo de metilo y verde de bromocresol (70 mg de rojo de metilo en 70 ml de alcohol etílico, 100 mg de verde de bromocresol el 100 ml de alcohol etílico y mezclar ambas soluciones).
- e) Mezcla catalizadora [96g de sulfato de sodio (Na_2SO_4), 3.5g de sulfato cúprico (CuSO_4) y 0.5g de selenio].
- f) Solución valorada de HCL cercana al 0.1 N (8.3 ml L^{-1} de agua destilada).
Comprobar por titulación

Principio:

El nitrógeno de las proteínas y de otros compuestos se transforma a sulfato de amonio por medio de la digestión con ácido sulfúrico en ebullición, el residuo se enfría, se diluye con agua y se le agrega hidróxido de sodio. El amonio presente se desprende y a la vez se destila y se recibe en una solución de ácido bórico que

luego es titulado con una solución de ácido estandarizado en presencia de un indicador apropiado. La exactitud de la determinación de proteína-nitrógeno radica en el peso de la muestra original, el volumen y la concentración del ácido estándar usado. Todas las otras concentraciones, adiciones o manipuleos pueden ser aproximados.

Procedimiento:

Todo el material tiene que ser lavado y enjuagado con agua destilada antes de su utilización

Digestión

- a) Pesar de 0.3 a 0.5 g de muestra y depositarlas en un tubo de vidrio.
- b) Identificar el tubo con un marcador o etiquetas y adicionar 6 ml de H_2SO_4 concentrado y 1 g de mezcla catalizadora (dejar reposar durante 12 h).
- c) Colocar los tubos en el digestor e incrementar la temperatura gradualmente hasta alcanzar $350^{\circ}C$, digerir toda la materia orgánica (esto proceso puede variar desde 4 hasta 6 horas) mantenga encendidas las campanas de extracción. Mantenga en observación el proceso de digestión hasta que cese la formación de espuma. Si la espuma en una muestra determinada empieza a subir por el cuello del tubo retírelo del digestor para que la espuma desaparezca y luego vuelva a colocarlo. Continúe la digestión hasta que la solución se torne a un color verde pálido (dejar enfriar y mantener la campana de extracción encendida para permitir el escape de todos los gases).

Destilación

- a) Disolver el contenido del tubo en la mínima cantidad de agua destilada (40ml)
- b) Transferir al matraz de Kjeldahl el contenido del tubo, lavando este con la misma cantidad de agua destilada y agregar 3 perlas de vidrio a cada matraz.
- c) En el extremo del condensador, colocar un matraz Erlenmeyer de 50 ml con 15ml de solución de ácido bórico al 4% y 3 gotas de indicador verde bromocresol-rojo de metilo (el indicador puede agregarse previamente en la

solución ácido bórico al 4 %, agregando 17 ml de indicador L⁻¹ de solución de ácido bórico), cuidando que el extremo del condensador quede sumergido dentro de la solución.

- d) Adicionar 15ml de NaOH al matraz de Kjeldahl, manteniéndolo inclinado para que solución deslice por el costado hasta el fondo (de esta manera se evitara el inicio de la reacción y el escape del nitrógeno) de tal manera que forme dos capas, colocarlo en las parrillas de destilación en el nivel 6 y destilar hasta obtener 50ml del destilado, enjuagar el extremo del condensador con la mínima cantidad de agua y retirar el matraz Erlenmeyer.

Titulación

- a) Titular el destilado con la solución valorada de ácido al 0.1N hasta obtener un color rosa tenue, y debe registrarse la cantidad de ml gastados en la titulación.
- b) Hacer un blanco siguiendo todo el procedimiento.

Cálculos:

$$N (\%) = \frac{(ml \text{ gastados de HCl} - ml \text{ gastados en el blanco}) \times Normalidad \text{ HCl} \times 1.401}{(g \text{ de la muestra})(coeficiente de MS)}$$

$$Proteína \text{ calculada} = Nitrógeno \times 6.25$$

15.1.3 Fibra Detergente Neutro (FDN) En Alimentos, Técnica De La Bolsa De Filtro (ANKOM200)

Material y equipo:

- a) Balanza analítica con sensibilidad de peso de hasta 0.1mg.
- b) Estufa de aire forzado con para temperatura de secado de $102\pm 2^{\circ}\text{C}$.
- c) Digestor de fibra para realizar digestión a $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ y a una presión de 10-25 psi. El instrumento debe tener la particularidad de crear un flujo de presión de detergente neutro homogéneo alrededor de cada una de las muestras para garantizar la uniformidad de la extracción. Se recomienda el instrumento (ANKOM²⁰⁰, agitación a 65 rpm, Tecnología ANKOM, puede variar el modelo, Figura 1).
- d) Bolsas filtro: construidas de químicos inertes y resistentes al calor, capaz de ser cerrada y sellada al calor y con habilidad de retener partículas de 25 micrones permitiendo al mismo tiempo la rápida penetración de la solución (F57, Tecnología ANKOM). Figura 2.
- e) Sellador a calor: suficiente para sellar y cerrar las bolsas filtro para garantizar el cierre completo (1915, Tecnología ANKOM). Figura 3.
- f) Desecadora bolsa: bolsa de cierre plegable con desecante interior que permite la eliminación de aire alrededor de las bolsas filtro (Bolsa para detener la humedad, Tecnología ANKOM).
- g) Marcador: resistente a los ácidos y solventes (F08, Tecnología ANKOM).

Reactivos:

- a) Solución Detergente Neutro (30.0 g de lauril sulfato de sodio, 18.61 g EDTA sal di-sódica di-hidratado, 6.81 g de tetraborato de sodio deca-hidratado, 4.56 g fosfato de sodio dibásico Anhidro, 10 ml de trietilenglicol, en 1L de H₂O destilada). Checar el rango de pH de 6.9 a 7.1.

- b) Alfa-amilasa: alfa-amilasa bacteriana termo estable: actividad=17,400 unidades/ml (FAA, Tecnología ANKOM). Cuando las muestras contengan granos o cereales.
- c) Sulfito de sodio: Na_2SO_3 , anhidro (FSS, Tecnología ANKOM).

Principio:

El principio de la técnica se basa en la solubilidad de los compuestos que integran la pared celular de la célula vegetal; es un método rápido para la determinación de las fracciones de fibra totales contenida en los alimentos vegetales consumidos por los animales. Aparentemente divide la materia seca al punto de que separa los constituyentes nutricionales solubles y accesibles, de aquellos que no son totalmente aprovechables, o que dependen de la fermentación microbiológica para su aprovechamiento. Este método determina la fibra detergente neutro, que es el residuo que queda después de digerir el sustrato en una solución detergente. Los residuos son predominantemente hemicelulosa, celulosa y lignina. Este método es aplicable para granos, alimentos forrajes y todos los materiales fibrosos.

Procedimiento:

Las bolsas tienen una cantidad de humedad insignificante por lo que no necesitan secarse, pero deben manipularse con pinzas. Usar un marcador resistente a solventes o un lápiz para etiquetar las bolsas filtro.

- a) Pesar la bolsa ANKOM registrando el peso y tarando a cero (W_1).
- b) Pesar $0.45\text{g} \pm 0.01\text{g}$ (W_2) directamente en la bolsa filtro, registrar el peso exacto y sellar el extremo de la bolsa con el sellador ANKOM (1915, Tecnología ANKOM).
- c) Pesar una o dos bolsas para utilizarlas como blanco.
- d) Colocar las bolsas dentro del instrumento de digestión (ANKOM²⁰⁰, agitación a 65 rpm, Tecnología ANKOM), Agregar 1900 mL o 2000 ml de solución detergente neutro a temperatura ambiente (40 ml bolsa^{-1}), si se trata de algún

grano es indispensable agregar una enzima amilolítica (Takatherm o Diazime) a razón de 5 mL por bachada directamente a digestor Ankom, esto para no tener efectos confundidos sobre el almidón presente en la muestra .

- e) Calentar (90-102°C) y agitar (65 rpm) durante 75 minutos.
- f) Posterior a este periodo, lavar con agua caliente hasta eliminar espuma proveniente del detergente neutro. Repetir el procedimiento tres ocasiones.
- g) Colocar las bolsas en toallas de papel absorbente y quitar suavemente el exceso de agua.
- h) Pasar las bolsas a un vaso de precipitado de 250 ml, agregar 200 ml de acetona y remojar de 3 a 5 min.
- i) Colocar nuevamente las bolsas en toallas de papel absorbente para eliminar el exceso de acetona.
- j) Dispersar las bolsas y dejar secar al aire libre durante 10 minutos.
- k) Secar a peso constante en estufa de aire forzado a 105 °C (al menos 12 h).
- l) Cumplido el tiempo de secado, sacar las bolsas de la estufa y colocarlas en un desecador durante unos minutos, pesar las bolsas y registrar el peso (W_3).

Cálculos:

$$FDN (\%) = \frac{(W_3 - (W_1 \times C_1))}{W_2} \times 100$$

Donde:

W_1 =Peso de la bolsa (g)

W_2 =Peso de la muestra (g)

W_3 =Peso de la después del proceso extracción (g)

C_1 =Factor de corrección (bolsa blanco, peso después de la extracción dividido entre el peso original)

15.1.4 Fibra Detergente Ácido (FDA) En Alimentos, Técnica De La Bolsa De Filtro (ANKOM200)

Material y equipo:

- a) Balanza analítica capaz de hasta 0.1mg.
- b) Estufa: capaz de mantener una temperatura de $102\pm 2^{\circ}\text{C}$.
- c) Instrumento de digestión: capaz de ejecutar la digestión a $100\pm 5^{\circ}\text{C}$ y mantener una presión de 10-25 psi. El instrumento debe ser también capaz de crear un flujo similar alrededor de cada una de las muestras para garantizar la uniformidad de la extracción (ANKOM²⁰⁰, agitación a 65 rpm, Tecnología ANKOM).
- d) Bolsa filtro: construidas de químicos inertes y resistentes al calor, capaz de ser cerrada y sellada al calor y con habilidad de retener partículas de 25 micrones permitiendo al mismo tiempo la rápida penetración de la solución (F57, Tecnología ANKOM).
- e) Sellador a calor: suficiente para sellar y cerrar las bolsas filtro para garantizar el cierre completo (1915, Tecnología ANKOM).
- f) Desecadora bolsa: bolsa de cierre plegable con desecante interior que permite la eliminación de aire alrededor de las bolsas filtro (Bolsa para detener la humedad, Tecnología ANKOM).
- g) Marcador: resistente a los ácidos y solventes (F08, Tecnología ANKOM), las bolsas también pueden ser marcadas con lápiz.

Reactivos

- a) Solución detergente ácido [27 ml de H_2SO_4 , 20 g Bromuro de cetil trimetil amonio (CTBA) en 1L de H_2O destilada].
- b) Acetona.

Principio:

Este procedimiento permite una rápida determinación de lignina-celulosa en los alimentos. Sin embargo, en esta fracción también aparece la sílice. La diferencia entre el valor de las paredes celulares y la fibra detergente ácido, da una estimación de la hemicelulosa, ya que esta diferencia también incluye una fracción de proteína adherida a las paredes celulares.

Procedimiento:

Una vez pesadas las bolsas utilizadas para la determinación de FDN, pueden utilizarse para la determinación de la FDA.

- a) Colocar las bolsas dentro del instrumento de digestión (ANKOM²⁰⁰, agitación a 65 rpm, Tecnología ANKOM), Agregar 1900 ml o 2000 ml de solución detergente ácido a temperatura ambiente (40 ml bolsa⁻¹).
- b) Agitar y calentar a 90-102°C por 75 minutos.
- c) Cuando el tiempo halla pasado deben realizarse lavados con agua caliente, en el segundo lavado adicionar 4 ml de amilasa (en caso de granos) y agitar por 5 min para eliminar el almidón. Repetir el lavado.
- d) Colocar las bolsas en toallas de papel absorbente y quitar suavemente el exceso de agua.
- e) Pasar las bolsas a un vaso de precipitado de 250ml, agregar 200 ml de acetona y remojar de 3 a 5 min.
- f) Colocar nuevamente las bolsas en toallas de papel absorbente para eliminar el exceso de acetona.
- g) Dispersar las bolsas y dejar secar al aire libre.
- h) Completar el secado en estufa de 105 °C durante 12 h.
- i) Cumplido el tiempo de secado, sacar las bolsas de la estufa y colocarlas en un desecador durante unos minutos, pesar las bolsas y registrar el peso (W_3).

Cálculos:

$$FDA (\%) = \frac{(W_3 - (W_1 \times C_1))}{W_2} \times 100$$

Donde:

W₁=Peso de la bolsa (g)

W₂=Peso de la muestra (g)

W₃=Peso de la después del proceso extracción (g)

C₁=Factor de corrección (bolsa blanco, peso después de la extracción dividido entre el peso original)

15.1.5 Extracto Etéreo (Grasa)

Equipo:

- a) Equipo de extracción Soxhlet.
- b) Papel de filtro Whatman # 541.
- c) Equipo de destilación.
- d) Balones de extracción.
- e) Estufa de aire forzado calibrada en un rango de temperatura de 55 a 110 °C.
- f) Hornilla.

Reactivos:

- a) Éter etílico o éter de petróleo

Principio:

Una cantidad previamente homogeneizada y seca, medida o pesada del alimento se somete a una extracción con éter de petróleo o éter etílico, libre de peróxidos o mezcla de ambos. Posteriormente, se realiza la extracción total de la materia grasa libre por Soxhlet.

Procedimiento:

- a) Pesar 2 g de muestra sobre papel filtro (sólo para harinas y subproducto cama pesar solo 1 g).
- b) Hacer con el papel de filtro un paquete de tal forma que la muestra quede segura. Coloque el paquete en la cámara de extracción.
- c) Pese el balón vacío, en el cual posteriormente se depositará la grasa, anote el peso. Fije el balón a la parte inferior del Soxhlet en forma segura, con la finalidad de evitar la fuga del éter de etílico.

- d) Por la parte superior del Soxhlet vierta el éter etílico hasta que por diferencia de presión baje a través del cuello del Soxhlet al balón, luego añada éter etílico hasta cubrir el paquete. Fije bien el Soxhlet a la parte inferior del refrigerante.
- e) Empezar la extracción durante 4 horas, evitando todo tipo de fuego tal como mechero, cigarrillo encendido, etc., por esta razón se utiliza hornilla debido a que el éter etílico es altamente inflamable. Controle que el flujo de agua en el refrigerante no se interrumpa, si esto ocurriese, detener la extracción hasta que se regule el flujo adecuado del agua.
- f) Después de las 4 horas de extracción recuperar el solvente a medida que se condense en la cámara de extracción. El paquete de la muestra se guarda para su posterior análisis de fibra. Evite que la grasa depositada en el balón se quemé, deje enfriar el balón conteniendo la grasa para luego colocarlo en la estufa durante una hora, con la finalidad de que el éter etílico se evapore completamente y sólo se quede la grasa como remanente.
- g) Después de estar una hora en la estufa, deje enfriar a temperatura ambiente. Pese el balón conteniendo la grasa y registre el peso. (peso final)

Cálculos:

$$\text{Grasa (\%)} = \frac{\text{Pesofinal (g)} - \text{Peso del balón (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$