



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y GESTIÓN LOCAL

**“EFECTO DE LOS TANINOS DEL FRUTO DEL
CASCALOTE (*Caesalpinia coriaria* JACQ. WILLD) SOBRE
EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, PARÁMETROS DE
FERMENTACIÓN RUMINAL, RENDIMIENTO Y CALIDAD
DE CANAL CAPRINA”**

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS**

P R E S E N T A:

ARMANDO MANUEL PABLO

**ASESORES DR. LUIS MIGUEL CAMACHO DÍAZ
DR. ABDEL FATTAH ZEIDAN MOHAMED SALEM
DR. JAIME OLIVARES PÉREZ
DR. MOISÉS CIPRIANO SALAZAR
DR. SAÚL ROJAS HERNÁNDEZ**

IGUALA DE LA INDEPENDENCIA, GRO., JUNIO DEL 2018



La presente tesis titulada: "EFECTO DE LOS TANINOS DEL FRUTO DEL CASCALOTE (*Caesalpinia coriaria* JACQ. WILLD) SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO, PARÁMETROS DE FERMENTACIÓN RUMINAL, PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE CARNE CAPRINA", realizada por el alumno, Armando Manuel Pablo, bajo la dirección del comité de asesores designados ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y GESTION LOCAL**

COMITÉ DE ASESORES

FECHA

DR. LUIS MIGUEL CAMACHO DÍAZ

DR. ABDEL FATTAH ZEIDAN MOHAMED SALEM

DR. JAIME OLIVARES PÉREZ

DR. MOISÉS CIPRIANO SALAZAR

DR. SAÚL ROJAS HERNÁNDEZ

Vo Bo

**DR. ELIAS CASTRO HERNANDEZ
DIRECTOR**

CD. IGUALA, GRO, JUNIO DEL 2018

DEDICATORIA

A **Dios**, por permitirme existir en su presencia, por darme la capacidad y el don de sabiduría para poder alcanzar mi superación personal y así poder cumplir con un escalón más en mi vida profesional.

A mí amada y querida madre **Elvira Pablo Flore**, todo mi reconocimiento por su amor, consejos que me alentaron a seguir adelante y como un tributo a su deseo cumplido de verme convertido en un profesional superado.

A mi padre **Benito Manuel Carmen**, por permitirme existir como persona.

A mí amada esposa **Rubí Castillo Quiñones** que siempre estuvo conmigo apoyándome para cumplir una meta más y a mi adorado hijo **Kenia Tadeo Manuel Castillo** por ser mi inspiración a concluir mis estudios de Maestría.

A mis hermanas, **Octavia, Guadalupe, Rosa Elvira**, su cariño, amor y apoyo siempre las tendré presentes.

A mis sobrinos, **José Alfredo, Jesús Santiago, Leonardo Alexander y Joselyn Andrómeda**, por esas risas, su amor y su inocencia, que me alentaron para seguir adelante superándome día con día.

AGRADECIMIENTO

A la **Universidad Autónoma de Guerrero**, y en particular a la **Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia**, por prestar sus instalaciones durante la investigación.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** por el soporte económico recibido.

Al **Dr. Luis Miguel Camacho Díaz**, director de mi comité tutorial, por su confianza y apoyo en el desarrollo de mi formación de Maestría.

Al **Dr. Abdel-Fattah Zeidan Mohamed Salem** de la Universidad Autónoma del Estado de México, por su amistad y asistencia en mi estancia de investigación.

Al **Dr. Moisés Cipriano Salazar**, por su amistad y sus atinadas observaciones para culminar mis estudios.

A la **Dr. Jaime Olivares Pérez**, por su amistad y sugerencias para culminar mis estudios.

A la **Dr. Saúl Rojas Hernández**, por su amistad y sugerencias para culminar mis estudios.

RESUMEN

El uso de hojas y frutos de árboles y arbustos que contienen metabolitos secundarios como los taninos son una alternativa para la alimentación de rumiantes, los cuales modifican la fermentación ruminal por inhibición de la producción de amoníaco y metano, ayudan a incrementar el contenido del ácido linoleico conjugado (CLA) en leche y carne, aportan nutrimentos al animal, funcionan como antiparasitarios y antioxidantes en la carne, por lo anterior el objetivo del presente estudio fue determinar el efecto de la suplementación con taninos condensados presentes en el fruto del cascalote (*Caesalpinia coriaria* Jacq. Willd.) sobre el comportamiento productivo, la fermentación ruminal, el rendimiento y características de la canal como Ph, temperatura, color, oxidación lipídica y proteica en caprinos durante 56 días, con periodos de evaluación cada 14 días, Se utilizaron 20 caprinos machos (Nubia x Criollo, de 18 ± 1.8 kg de peso vivo), los cuales se asignaron bajo un diseño completamente al azar a 4 tratamientos (5 repeticiones), los tratamientos fueron: T0 (Dieta base), T1 (Dieta base + 1.5 % de taninos de fruto de cascalote), T2 (Dieta base + 3% de taninos del fruto de cascalote), T3 (Dieta base + 4.5 % de taninos de fruto de cascalote), la dieta base consistió en 40% de paja de avena molida y 60% de una mezcla de maíz molido, pasta de soya, urea, melaza, aceite de girasol y premezcla de vitaminas y minerales. Los resultados obtenidos muestran que no hubo diferencias ($p > 0.05$), en el comportamiento productivo, obteniendo valores de 1.10, 1.06, 1.01 y 0.99 kg, para el consumo de materia seca (CMS) en T0, T1, T2 y T3 respectivamente, la ganancia diaria de peso (GDP), fue de 0.12, 0.11, 0.11, 0.11 kg mientras que la conversión alimenticia (CA) fue de 9.38, 9.31, 9.69, 9.64 kg, para T0, T1, T2, T3 respectivamente. El pH ruminal no presentó diferencias significativas obteniendo valores de 6.75, 6.64, 6.59, 6.48 para cada tratamiento. El conteo de protozoarios ($p > 0.05$) reflejó valores de 5.46, 4.95, 4.15, 3.97, ($\times 10^4$ protozoarios mL^{-1}) para cada tratamiento. El rendimiento en canal no presentó diferencias significativas ($p > 0.05$) promediando 46.29% en los tratamientos. La temperatura de la canal caliente promedió 31.89 °C y el pH 6.69 sin presentar diferencias significativas ($p > 0.05$). Respecto a los atributos del color de la canal,

solo se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la luminosidad (L^*) a los 45-60 min, obteniendo valores de 35.41, 32.41, 35.04 y 32.98 para cada tratamiento. En las coordenadas cromáticas de a^* y b^* no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en ninguno de los tratamientos. Los resultados obtenidos para la oxidación lipídica muestran que no hubo diferencias significativas ($p > 0.05$), entre los tratamientos. Los taninos condensados presentes en el fruto del cascalote en la dieta con los niveles utilizados no influyeron en los parámetros productivos y las características de la canal, esto los convierte en una alternativa de alimentación para la producción de caprinos.

Palabras clave: Taninos *Caesalpinia coriaria*, Caprinos, Comportamiento productivo, Rendimiento en canal.

ABSTRACT

Leaves and fruit of trees and shrubs containing secondary metabolites such as tannins are an alternative for feeding ruminants, which modify ruminal fermentation by inhibiting the production of ammonia and methane, help increase the content of conjugated linoleic acid (CLA) in milk and meat, they provide nutrients to the animal, they work as antiparasitic and antioxidants in the meat, therefore the objective of the present study was to determine the effect of the supplementation with condensed tannins present in the cascalote fruit (*C. coriaria* Jacq. Willd.) on the productive performance, ruminal fermentation parameters, yield and carcass characteristics in goats during 56 days, with periods of evaluation every 14 days. 20 male goats were used (Nubia x Criollo, of 18 ± 3 kg of live weight), were assigned under a completely randomized design to 4 treatments (5 repetitions), the treatments were: T0 (Basic diet), T1 (basic diet + 1.5% tannins of cascalote fruit), T2 (basic diet + 3% of tannins of the cascalote fruit), T3 (basic diet + 4.5% of tannins of cascalote fruit). Basic diet consisted of 40% ground oats straw and 60% of a mixture of ground corn, soybean meal, urea, molasses, sunflower oil and vitamin and mineral premix. An analysis of variance was made to the data and the differences between means were analyzed by the Tukey test. There were no differences ($p > 0.05$) in the productive performance (dry matter intake (DMI), daily weight gain (DWG), feed conversion (FC), obtaining values of 1.10, 1.06, 1.01 and 0.99 kg, 0.12, 0.11, 0.11, 0.11 kg 9.38, 9.31, 9.69, 9.64 kg, for DMI, DWG and FC respectively. The PH of ruminal fluid ($p > 0.05$) showed values of 6.75, 6.64, 6.59, 6.48 respectively. Ruminal protozoa there were no significant differences, obtaining values of 5.46, 4.95, 4.15, 3.97, ($\times 10^4$ protozoa mL^{-1}) respectively.

The carcass yield ($p > 0.05$) average of 46.29%, The carcass color, only luminosity at 45-60 min, showed significant differences ($p < 0.05$) 35.41, 32.41, 35.04 and 32.98 for each treatment. The chromatic coordinates of a^* and b no significant differences were found in any of the treatments. Lipid oxidation, there were no significant differences ($p > 0.05$) between treatments. Use of the condensed tannins present in the cascalote fruit in the diet with the levels used did not influence the

productive parameters ruminal fermentation and the carcass characteristics, these make them an alternative feeding for the production of goats.

Key words: *Caesalpinia coriaria* Tannins, Goats, Productive performance, Carcass yield.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vii
INDICE DE CUADROS.....	xi
II.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.- Descripción del cascalote (<i>Caesalpinia coriaria</i> Jacq Willd.)	3
2.2.- Características de los taninos	4
2.3.- Clasificación de los taninos	5
2.3.1.- Taninos hidrolizables.....	6
2.3.2.- Taninos condensados	6
2.4.- Efectos provocados por taninos condensados	7
2.4.1.- Efectos nutricionales	7
2.4.2.- Efectos sobre el consumo.....	8
2.4.3.- Efectos sobre el crecimiento	8
2.4.4.- Efectos sobre el valor nutritivo de los forrajes	9
2.4.5.- Efectos positivos	9
2.4.6.- Efectos sobre el pasaje ruminal de las proteínas	9
2.4.7.- Efectos sobre los protozoarios.....	10
2.4.8.- Efectos sobre el reciclaje de Urea.....	10
2.5.- Taninos en la alimentación caprina y su relación con la carne	10
2.6.- pH ruminal.....	11
2.7.- Fermentación ruminal.....	12
2.8.- Color de la carne	12
2.9.- Oxidación lipídica.....	14
IV.- OBJETIVO GENERAL.....	17
4.1.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	17
V.-HIPÓTESIS	18
VI.- MATERIALES Y MÉTODOS	19
6.1.- Ubicación del sitio experimental.....	19
6.2.- Animales.....	19

6.3.-Diseño experimental.....	19
6.4.- Tratamientos.....	20
6.5.- Duración del experimento.....	21
6.6.- Variables a medir:	21
6.7.- Recolección de frutos de cascalote:.....	21
6.8.- Consumo voluntario de alimento.....	21
6.9.- Ganancia diaria de peso (GDP)	22
6.10.- Conversión alimenticia (CA)	22
6.11.- pH ruminal.	23
6.12.- Conteo de protozoarios.	23
6.13.- Sacrificio de los animales y obtención de datos.....	24
6.14.- Colección y análisis de carne.....	26
6.15.- Medición de la oxidación lipídica mediante la determinación de sustancias reactivas con el ácido tiobarbitúrico (TBARS).....	26
6.15.1.- Obtención del extracto de la carne para determinar la oxidación lipídica	26
6.15.2.- Determinación de sustancias reactivas con el ácido tiobarbitúrico.....	26
VII.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
VIII.- CONCLUSIONES	37

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición de la dieta (%BS) utilizada en la alimentación de los caprinos.....	21
Cuadro 2.- Comportamiento productivo de caprinos suministrados con diferentes porcentajes de <i>C.coriaria</i>	32
Cuadro 3. pH del líquido ruminal obtenido 4 h después de la alimentación de caprinos suministrados con diferentes porcentajes de <i>C.coriaria</i>	33
Cuadro. 4 Concentración de protozoarios ($\times 10^4$ protozoarios mL ⁻¹) del líquido ruminal de caprinos suministrados con diferentes porcentajes de <i>C.coriaria</i>	35
Cuadro 5.- Características de la canal y porciones corporales de caprinos suministrados con diferentes porcentajes de <i>C.coriaria</i>	36
Cuadro 6.- Características físico - químicas de la carne de los caprinos suministrados con diferentes porcentajes de <i>C.coriaria</i>	38
Cuadro 7.- Oxidación lipídica de la carne de caprinos suministrados con diferentes porcentajes de <i>C. coriaria</i>	40

I.- INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, existe una fuerte demanda de productos de origen animal (Márquez, 2008). Los rumiantes pueden contribuir para suplir esta demanda, además de que los alimentos obtenidos a partir de rumiantes como los caprinos, son una importante fuente de ácido linoleico conjugado (CLA) (Kathirvelan *et al.*, 2008). El 6% de toda la carne roja que se consume en el mundo proviene de los caprinos, sin embargo, ha recibido poca atención por los nutricionistas, aun cuando es alta en proteína y baja en grasa, lo que la hace aceptable para su consumo desde el punto de vista nutricional (Urieta, 2001). México cuenta con zonas donde la caprinocultura es el único aporte de carne y leche que tienen los productores y sus familias (Velázquez, 2013).

En años recientes el aumento en el interés de los consumidores por la calidad de los alimentos, es atribuible a la relación que existe entre la dieta y la salud, lo que ha provocado mayores investigaciones hacia el CLA y sus beneficios potenciales a la salud por ser considerado como anticarcinogénico, antidiabético y con efectos moduladores de la inmunidad (Kathirvelan *et al.*, 2008). Aumentar el contenido de CLA y reducir el de ácidos grasos saturados son recomendaciones aceptadas para considerar a los productos de origen animal como saludables (Suman *et al.*, 2012; EFSA, 2010). El contenido de CLA en los productos alimenticios derivados de los rumiantes puede incrementarse mediante prácticas alimenticias que favorecen el aumento del CLA, una de las prácticas usadas es la suplementación de la dieta con plantas que contienen componentes bioactivos (Molina, 2002).

Se ha identificado a un grupo de componentes secundarios frecuentemente encontrados en las plantas, denominados taninos condensados, los cuales modifican la fermentación ruminal por inhibición de la producción de amoníaco y metano, principalmente debido a que forman complejos con las proteínas y la fibra de la dieta disminuyendo su disponibilidad para el animal e inhibiendo la actividad

enzimática de los microorganismos ruminales, aporta nutrimentos al animal, funciona como antiparasitario, y antioxidantes en la carne (Carulla *et al.*, 2005), (Márquez, 2008) menciona que los taninos TC mejoran la ganancia de peso, Dentro de las plantas que presentan las características mencionadas se encuentra el árbol de cascalote (*Caesalpinia coriaria* Jacq. Willd.), el cual se encuentra ampliamente distribuido en la Región de Tierra Caliente de Guerrero y los campesinos recolectan su fruto anualmente para comercializarlo para la curtiduría de pieles, debido a que contiene un elevado porcentaje de taninos condensados (34%), que lo hace potencialmente utilizable de manera controlada en la dieta de caprinos, quienes lo consumen en condiciones naturales, para incrementar el contenido del CLA en la carne para consumo humano.. Por lo anterior, puede esperarse la influencia de los taninos condensados sobre los parámetros productivos, la fermentación ruminal, producción, rendimiento y características de la canal de la carne caprina.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.- Descripción del cascalote (*Caesalpinia coriaria* Jacq Willd.)

(*Caesalpinia coriaria* Jacq Willd.). “Cascalote” Es una especie común y bien conocida en muchas partes del mundo, pertenece al grupo de las leguminosae, su sinónimo popular es “torcido como oreja”. (Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana, 2009). La distribución natural se extiende desde el sur y oeste de México por toda América Central hasta Colombia y Venezuela, así como las Antillas. Habita en clima cálido desde los 550 y los 1000 msnm. Asociado a bosque tropical caducifolio y bosque espinoso. (IRENA, 1992). El Árbol alcanza típicamente de 3 a 9 m de altura, tiene la corteza rugosa y no presenta espinas. Sus hojas son en pares pinnas de 5 a 10 cm de largo, cada una con más de 10 folíolos de 4 a 8 mm de largo y 2 mm de ancho, el ápice es redondeado, (Vásquez, 2012). Sus flores son de color blanco o amarillento, encontrándose en racimos. Los frutos son vainas de color verde cuando aún no están maduras, se vuelven marrón oscuro cuando lo están, convirtiéndose en formas variables y caprichosas, enroscadas en forma de S. (IRENA, 1992). Las vainas son ricas en taninos y producen colorantes negro, azul y rojo de estructura no determinada. (Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana, 2009). Los frutos contienen una cantidad de taninos los cuales son utilizados para curtir cueros. Los frutos contienen hasta un 50% de tanino aptos para la curtiembre de cueros de ganado vacuno, (INAFOR, 2002).

Desde el siglo XVI se relata que la planta es de naturaleza muy astringente y algo cálida, se prepara con ella una tinta muy buena para tonificar las entrañas y las hojas disueltas en agua curan las fiebres. El uso medicinal de esta especie es referido a los padecimientos de la piel, Por otra parte, interviene en el tratamiento de la diarrea y úlceras internas. Además, hace las veces de astringente y tónico. En veterinaria se le emplea como cicatrizante y para lavar heridas. (Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana, 2009).

2.2.- Características de los taninos

Los taninos son compuestos fenólicos de alto peso molecular que contienen principalmente grupos hidroxilos y en algunos casos (carboxilos) que forman complejos fuertes con proteínas y otras macromoléculas bajo condiciones particulares, todos son compuestos fenólicos y pueden precipitar la proteína. La capacidad de ligar proteínas por los taninos (astringencia) se ha considerado como un elemento importante para predecir sus efectos en sistemas biológicos. La afinidad de los taninos por las proteínas varía dependiendo de sus características químicas y de las condiciones fisicoquímicas del sistema (Carulla, 2005). Los taninos han sido descritos como penta-(m-digaloi) glucosa y por la fórmula química $C_{76}H_{52}O$. La fórmula molecular es sólo aproximada, aunque se sabe que los taninos son derivados del ácido gálico, conocidos desde hace siglos en su forma bruta por su utilidad para curtir pieles, ya que una solución de este ácido precipita a la albúmina.(Álvarez, 2007). Los taninos son sustancias amargas que se pueden encontrar en las cortezas, frutos, hojas, raíces o semillas de una gran cantidad de especies de muchas familias del reino. A pesar de su origen común la especificidad de las plantas de donde proceden los hacen distinguirse en su fuerza y características, color, calidad y concentración, que los hace producir curtidos de distintos tipos (Molina, 2002).

Los taninos pueden usarse separadamente o en varias combinaciones para producir distintos efectos. Aunque los taninos vegetales se encuentren en especies de familias vegetales de todo el mundo, sólo se mencionarán las más importantes de aquellas y sus productos, que se emplean extensamente en las tenerías industriales, ampliándose la relación a las familias y especies más importantes, ya sea por la importancia actual de su producción o por la importancia potencial, por su abundancia, distribución o porcentaje de productos tánicos que contienen las partes de la planta (Hess, 2004). El árbol de cascalote (*Caesalpinia coriaria* Jacq. Willd) está muy extendido en la Región de Tierra Caliente de Guerrero y los campesinos recolectan su fruto anualmente para

comercializarlo para la curtiduría de pieles debido a que contiene un elevado porcentaje de taninos condensados, lo que lo hace potencialmente utilizable de manera controlada en la dieta de caprinos que en condiciones naturales lo consumen, para incrementar el contenido del CLA en la carne para consumo humano.

2.3.- Clasificación de los taninos

La clasificación de los taninos se hace con base a dos criterios: según los productos resultantes de su destilación seca o de acuerdo a su origen. De acuerdo al primer criterio existen dos grupos: 1) Los taninos hidrolizables y 2) Los taninos condensados. Los taninos hidrolizables dan productos solubles en el agua por hidrólisis con un ácido inorgánico diluido e hirviendo. Los taninos condensados son los extractos curtientes más importantes y se presentan generalmente en la madera, la corteza y las raíces de las plantas. Pertenecen a este grupo los taninos de quebracho, eucalipto, oyamel, mangle (Aguilar, 2004, Carulla, 2005). De acuerdo a su origen, los taninos se dividen en dos grupos: 1) taninos fisiológicos y 2) taninos patológicos. Los primeros deben su origen a funciones celulares normales mientras que los segundos deben su origen a picaduras de insectos en los que los vegetales, ya sea por la ovoposición o por la irritación de la picadura, forman una especie de protuberancia o bolsa (como es el caso de las agallas en los encinos), donde los taninos aparecen rápidamente y en cantidad considerable (Román, 2005).

Los taninos se distinguen por los siguientes aspectos: astringencia, solubilidad en agua derivada de la interacción polifenol-polifenol (IPP), peso molecular (PM) (500-5000 daltons), estructura química con 12-16 grupos fenólicos y 5-7 anillos aromáticos por cada 1000 unidades de PM y su capacidad para formar complejos con otras macromoléculas como carbohidratos, alcaloides, proteínas y saponinas entre otras, de las cuales dependen sus aplicaciones en alimentos y bebidas,

fitoterapia, industria de pieles y defensa química y pigmentación en plantas (López, 2004).

2.3.1.- Taninos hidrolizables

Los taninos hidrolizables (TH) son polímeros de ácidos esterificados como el ácido gálico, ácido egálico, ácido fecarboxilioco, fenolato de ácido gallico (gallotanin) o de ácido hexaidroxydifenyly con una molécula central que generalmente está formada por un compuesto de carbohidrato como glucosa o un polifenol como la catequina. Estos compuestos pueden ser separados en sus productos por hidrólisis, con ácidos o reacciones enzimáticas (García, 2004; Márquez, 2008). Los TH son potencialmente tóxicos para los rumiantes ya que son degradados por los microorganismos del rumen y absorbidos en forma de pyrogallol, una toxina con efecto tanto hepatotóxico como nefrotóxico (Ramírez, 2008; Pérez, 1997). Se dice que los TH son responsables de la mayoría de los efectos nocivos debido a que pueden ser absorbidos y circular por el flujo sanguíneo pudiendo afectar hígado y riñones, hasta ocasionar la muerte (Torres *et al.*, 2008).

2.3.2.- Taninos condensados

Los taninos condensados, son compuestos fenólicos que forman complejos particularmente con la proteína y por consiguiente pueden actuar como antinutrientes a altas concentraciones (>50 g/k MS), reduciendo también el consumo voluntario del alimento (Barri *et al.*, 1999). Por el contrario, contenidos <50 g/k MS pueden ser benéficos en términos de utilización de la proteína metabólica, debido a la disminución de la degradación en el rumen, elevándose el flujo de proteína no degradable al intestino delgado (Min *et al.*, 2003). Los TC son polímeros fenólicos y en su mayoría constituyen potentes antioxidantes. Dentro de

los compuestos fenólicos podemos diferenciar dos grandes grupos: no flavonoides (ácidos fenólicos, estilbenos y taninos hidrolizables) y flavonoides. Dentro de este último grupo encontramos a los flavanoles y las antocianinas (Escaray, 2007). Los flavanoles comprenden a los monómeros o flavan-3-oles, a los dímeros (dos moléculas de flavan-3-oles), a los oligómeros (3 a 10 moléculas de flavan-3-oles) y a los polímeros o TC (más de 10 moléculas de flavan-3-oles) (Vásquez *et al.*, 2012). Los TC no son considerados tóxicos debido a que no son absorbidos por el animal, pero están asociados con lesiones de la mucosa intestinal (Otero, 2004). La interrelación que existe entre el complejo tanino-proteína, depende tanto de la estructura de las proteínas como de los taninos, ya que diferentes proteínas poseen diferente afinidad a los taninos. La afinidad de los taninos hacia las proteínas depende principalmente de dos factores, su tamaño molecular y de la habilidad de las proteínas de reaccionar con grupos fenólicos (Márquez, 2008).

2.4.- Efectos provocados por taninos condensados

2.4.1.- Efectos nutricionales

La capacidad de los TC para unirse a otras moléculas constituye el aspecto más importante para comprender los efectos que se les atribuyen sobre los procesos digestivos. Debido a su estructura química poseen la capacidad de unirse a diferentes compuestos como proteínas, polisacáridos, minerales, carbohidratos, celulosa, células de las membranas bacterianas y enzimas involucradas en la digestión de los compuestos antes mencionados (Barry y MacNabb 1999). Durante estos procesos, los taninos pueden tener efectos positivos y negativos sobre el valor nutritivo de los forrajes según la concentración en la que se encuentren. Así, a altas concentraciones, 6-10% de la MS deprimen el consumo voluntario y la palatabilidad de las especies forrajeras. También reducen la digestibilidad, de la materia seca, materia orgánica, fibra, proteína, y de los carbohidratos y por consiguiente afectan negativamente el desempeño productivo de los animales (Reed *et al.*, 1995).

2.4.2.- Efectos sobre el consumo

La presencia de TC en leguminosas puede disminuir el consumo de las mismas por actuar sobre la palatabilidad de estas especies, afectando la digestión. La formación de complejos entre las proteínas salivales y los taninos provocan una sensación de astringencia que pueden aumentar la salivación disminuyendo la palatabilidad de las especies (Waghorn *et al.*, 1994). Sin embargo, estos efectos parecen estar más sujetos al propio funcionamiento del rumen y del intestino. Los TC parecen reducir la tasa de fermentación provocando efectos sobre el llenado del rumen (Waghorn *et al.*, 1994), hasta situaciones más severas en las que se reduce la digestión de la fibra y del nitrógeno. También pueden reducir la digestibilidad de las células de la pared por adherirse a enzimas bacterianas o por formar complejos indigestibles con carbohidratos estructurales (Reed, 1995).

2.4.3.- Efectos sobre el crecimiento

El crecimiento animal es una medida indirecta del total consumido y la disponibilidad de nutrientes de la dieta. En animales que fueron alimentados con *Acacia siberiana* y *Acacia nilotica*, con elevadas concentraciones de TC en su composición, se observaron efectos negativos en cuanto a crecimiento, presumiblemente originado por una combinación de un consumo reducido con una baja digestibilidad de proteína (Reed, 1995). Sin embargo, además de los efectos ya mencionados existe una correlación positiva entre la concentración de taninos y la hormona de crecimiento (GH), que aumenta la retención de nitrógeno por un lado y la disponibilidad de los lípidos por el otro. Cuando los complejos taninos proteínas se digieren, reaccionan con las proteínas de la pared del intestino y estimulan la secreción de (GH). Estos efectos pudieron revertirse con la administración de PEG, con afinidad por los taninos (Mangan, 1988).

2.4.4.- Efectos sobre el valor nutritivo de los forrajes

En general los forrajes con una elevada concentración de TC se asocian con la baja palatabilidad, bajo consumo y un escaso desempeño productivo de los animales. Si bien el bajo consumo puede ser consecuencia de una disminución de la palatabilidad, también podría ser debido a un desmejoramiento de la función ruminal, o a una disminución del apetito originada por una baja concentración de nitrógeno (Waghorn *et al.*, 1997).

2.4.5.- Efectos positivos

Los efectos positivos son de importancia práctica para la producción, para subsanar problemas asociados a las proteólisis indiscriminadas que ocurren en el organismo. Diversos trabajos (Barry y Mc Nabb, 1999; Douglas *et al.*, 1993; Fraser *et al.*, 1997), sugieren que existe un rango de concentración de TC (2-4% de la materia seca) óptima, dentro de la cual no se deprime ni la digestión ni el desempeño productivo animal.

2.4.6.- Efectos sobre el pasaje ruminal de las proteínas

Los taninos afectan el metabolismo proteico, precipitando las proteínas provenientes de la ingesta, y aumentando su pasaje hacia el intestino delgado donde son absorbidas. La estabilidad de los complejos taninos/proteína ha sido probada *in vitro* para la caseína; esta proteína de estructura lineal, es degradada rápidamente en el rumen y menos del 10% de ella llega al duodeno. Sin embargo, Barry *et al.* (1986), encontraron que, protegiendo a la caseína con sustancias como formaldehído de la degradación microbiana duodenal, se incrementaba la producción de lana en los animales bajo tratamiento. La fracción más abundante de proteína que se encuentra en el forraje es la 1(F1) (ribulosa- 1,5 bifosfato

oxigenasa- carboxilasa EC4.1.1.39), que al igual que la caseína es rápidamente degradada en el rumen, viéndose afectada del mismo modo que esta.

2.4.7.- Efectos sobre los protozoarios

Con respecto a la población microbiana se puede establecer que lo observado varía en función de la especie forrajera taninífera. Terril *et al.* (1992), encontraron un aumento en la población de protozoarios ruminales en trabajos realizados con sulla, Mientras que Wang *et al.* (1996), observaron el efecto contrario cuando usaron el género Lotus. Algunos trabajos mencionan efectos sobre las bacterias ruminales, como ocurre con el *Fibrobacter succinogenes* que puede separarse de la fibra (substrato) como ocurrió en experimentos con trébol pata de pájaro (Bodas, 2012).

2.4.8.- Efectos sobre el reciclaje de Urea

Los TC también aumentan la eficiencia del reciclado de urea en el rumen, disminuyendo la degradación y desaminación de proteínas descendiendo el amonio ruminal. La concentración de nitrógeno ureico, de amonio ruminal, y la pérdida de nitrógeno fue menor en ovejas que pastoreaban especies con moderada concentración de taninos en su composición (Reed, 1995).

2.5.- Taninos en la alimentación caprina y su relación con la carne

En la actualidad es posible lograr un consumo de carne con mejor valor nutrimental a través de una buena alimentación de los animales destinados al consumo humano (Ayala, 2013). Referirse a la calidad de la carne para consumo humano, tiene gran importancia donde el color de la misma es de primordial relevancia para el consumidor, carnes de color rojo brillante o rojo cereza, son indicativos de frescura, mientras que carnes en color marrón a menudo no son deseables (Urieta, 2001). Recientemente algunos estudios han demostrado que

incluir especies forrajeras arbustivas y arbóreas con taninos en la dieta de los rumiantes tiene varias ventajas, aporta nutrimentos al animal, funciona como antiparasitario, reductores de emisión de metano, como antioxidantes en la carne, este efecto es importante para la industria cárnica ya que pueden mejorar la vida en anaquel de la carne y mejorar el perfil de ácidos grasos (Velásquez, 2013). Sin embargo, estos estudios son aislados y en México, no se ha explotado esta alternativa a pesar de existir amplia variedad de árboles con potencial forrajero, particularmente en la zona tropical, cuya vegetación taninífera podría traer beneficios en la calidad de la carne (Ayala, 2013).

2.6.- pH ruminal

Los valores de pH en el rumen son influenciados por factores como el tipo de alimento, un animal al consumir una dieta baja en fibra, masticara menos y por lo tanto, la salivación será reducida, lo que facilita un descenso de pH ruminal con la producción de ácidos grasos volátiles (AGV), principalmente durante el pico de fermentación 3 ó 4 horas después de la ingestión de alimento, en este pico de fermentación los carbohidratos solubles y los almidones tienen su tasa máxima de fermentación originando variaciones de pH entre 5.5 a 6.5, (Trujillo, 2012). El pH extremo favorece el desarrollo de otros microorganismos que alteran el patrón metabólico del rumen y enferman al rumiante. La cantidad de H⁺ producido va a depender del tipo de dieta y el tipo de microorganismo que fermenta dicho nutriente (Hervas, 2001). Por lo expuesto el pH ruminal está asociado al tipo de dieta y al tipo de flora que desarrolla, y por lo tanto está asociado también al tipo de AGV producido, aumentando la proporción de acetato a medida que el pH se acerca a 6,9 y la de propionato cuando lo hace hacia el extremo más ácido (pH 5.5). Si el pH ruminal escapa del rango fisiológico se desarrollan especies bacterianas anormales, que alteran el patrón fermentativo y enferman al animal (Fraga, 2010). Se ha reportado que los taninos condensados modifican la fermentación ruminal por inhibición de la producción de amoníaco y metano (Carulla *et al.*, 2005), parcialmente por su habilidad para formar complejos con las proteínas y la fibra de la dieta. Con relación al metabolismo de los lípidos, los

taninos han provocado inhibición de la bacteria *Butyrivibrio fibrisolvens*, una de las principales especies bacterianas involucradas en la biohidrogenación ruminal (Jones *et al.*, 1994).

2.7.- Fermentación ruminal

El rumen es un cámara de fermentación anaeróbica, la población microbiana se mantiene al ingerir y masticar alimentos con regularidad, añadiendo tampones y eliminando los ácidos producidos, arrastrando los residuos alimenticios no digeribles y los productos microbianos y manteniendo unas condiciones apropiadas de pH, temperatura y humedad para el crecimiento microbiano (Fraga, 2010), estos microorganismos dependen del rumiante para disponer de las condiciones óptimas para su crecimiento y el rumiante depende de los productos de fermentación anaeróbica del alimento fibroso que ingiere y de las actividades biosintéticas microbiana, para cubrir sus propias necesidades nutritivas (Rotger, 2004). El metabolismo del rumiante está enfocado a aprovechar los productos de la fermentación microbiana como los ácidos grasos volátiles (AGV), no todos los productos de la fermentación microbiana son útiles para el rumiante, también los hay inútiles como el metano, o incluso nocivos como el amoníaco y los nitratos (Hervas, 2001). El patrón de la fermentación ruminal en los rumiantes está influenciado por la interacción entre la dieta, la población de microorganismos y el animal (Merino, 2013).

2.8.- Color de la carne

La apariencia visual de la carne determina la respuesta del consumidor en su decisión de compra. El color es el principal factor que determina esta decisión, El color se define como la sensación resultante de estimular la retina por las ondas luminosas comprendidas en la región visible del espectro, algunos atributos relacionados con el color son el tono y la saturación de un color, y la luminosidad, El tono es la propiedad de color definida por el estado químico del pigmento, la saturación se refiere a la cantidad de mioglobina presente, la luminosidad es

función del estado físico de la superficie de la carne, y se define como el grado de luminosidad de un color con relación a un gris neutro en una escala que se extiende del negro absoluto al blanco absoluto (Cayetano, 2014).

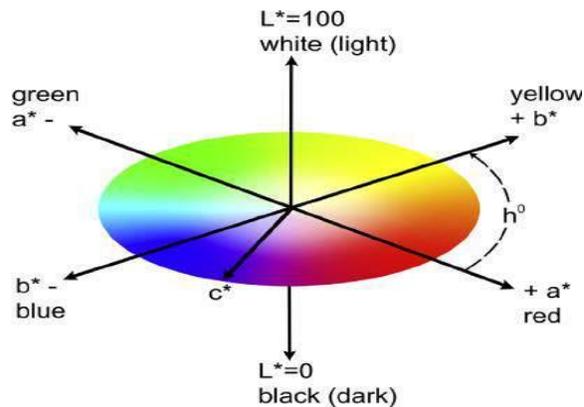
El color de la carne está influido por la capacidad de retención de agua, porque cuando tiene agua ligada absorbe más radiaciones, dando una impresión de carne mucho más oscura, por el contrario, cuando el agua en la carne está libre, la superficie aparece húmeda y refleja mayor proporción de radiación, dando una apariencia mucho más clara, La temperatura de almacenamiento afecta al color del músculo debido a su efecto sobre la velocidad de las reacciones químicas y a su influencia sobre el crecimiento microbiano, los productos de la oxidación de lípidos contribuyen a la pérdida del sabor y de color de la carne, especialmente durante su exposición en anaquel (Baron, 2002).

El principal factor que conduce a la decoloración de la carne es la acumulación de metamioglobina durante su almacenamiento, la mioglobina es la principal responsable del color de la carne y sirve como depósito o transportador de oxígeno en el músculo vivo, el oxígeno que llega al músculo con la hemoglobina difunde desde los capilares a la fibra muscular, donde es unido a la mioglobina para su posterior uso en el metabolismo aerobio (Cayetano, 2014). La mioglobina, en la carne fresca, adopta formas diferentes que se intercambian constantemente: mioglobina reducida o desoximioglobina, de color rojo púrpura, cuando la presión parcial de oxígeno es baja, como en el interior de la carne, mioglobina oxigenada u oximioglobina, de color rojo brillante, que se forma cuando la proteína entra en contacto con el oxígeno, como en la superficie de la carne, La mioglobina oxidada o metamioglobina, de color pardo, la mioglobina reducida de color púrpura, en presencia de oxígeno, se puede transformar en oxihemoglobina, del color rojo brillante típico de las carnes o en metamioglobina, que confiere un color marrón menos deseado (Arzate, 2017).

Para el análisis de color el mejor método para su evaluación es el sistema CIELAB. El color evaluado en el espacio $L^*a^*b^*$ (CIE-Lab) permite tener una valoración objetiva y certera del color de la carne. La Comisión Internacional de la Iluminación (Commission International de l'Éclairage - CIE) se basa en el uso de

condiciones estándares del instrumento y de iluminación de la muestra para obtener valores de tres colores primarios. De los cuales se calculan las coordenadas de color L^* [(luminosidad, varía de 0 (negro) a 100 (blanco)], a^* [(coordenada rojo-verde puede ser positivo (+60, rojo) o negativo (-60, verde)], b^* [(coordenada amarillo-azul puede ser positivo (+60, amarillo) o negativo (-60, azul)], c (tono) y h (saturación) (Figura 2).

Patrón de muestreo de color utilizado en el cálculo de CIELab.



Fuente: (Giese, 1995; Honikel, 1997).

2.9.- Oxidación lipídica

La oxidación de lípidos es un proceso complejo donde los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA's por sus siglas en inglés) son degradados, vía formación de radicales libres, generando numerosos productos secundarios tales como malonaldehído (MDA) y compuestos volátiles derivados de lípidos causando deterioro de las propiedades nutricionales y sensoriales de los alimentos (Morán, 2003; Oliveira, 2015).

La rancidez conduce a la formación de numerosos compuestos que tienen efectos adversos sobre los atributos de calidad (olor, sabor, color, textura) y el valor nutritivo, ya que involucra la pérdida de ácidos grasos esenciales y vitaminas,

generando además compuestos tóxicos, razón por la cual este proceso puede afectar la vida útil de las carnes procesadas, (Morán, 2003; Oliveira, 2015).

El grado de oxidación de lípidos de la carne se determina con base en la cantidad de sustancias reactivas al ácido-2-tiobarbitúrico (TBARS) expresadas en equivalentes de malonaldehído (MDA) /kg de muestra. El MDA al igual que otros aldehídos son productos derivados de la descomposición de lípidos oxidados, los cuales reaccionan en medio ácido con el ácido 2-tiobarbitúrico formando un complejo rojizo cuya concentración es proporcional a la absorbancia entre 530-535 nm. Valores de TBARS superiores a 0.7 se consideran inaceptables para carne fresca (Raharjo Sri *et al.*, 1992).

Ensayo del ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS): Este ensayo es uno de los métodos más antiguos y frecuentemente utilizados para evaluar la oxidación lipídica en alimentos. El malonaldehído (MDA) es un producto de oxidación de PUFAs que reacciona con el ácido tiobarbitúrico (TBA) para producir un complejo coloreado. Otros aldehídos tales como alquenes y 2,4-alcadienos también reaccionan por lo que es más adecuado utilizar la denominación “sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico” (TBARS). La conversión de los hidroperóxidos en TBARS u otros aldehídos es catalizada por el hierro hemínico y no hemínico. El ensayo del TBARS puede realizarse sobre el extracto ácido, el destilado o el exudado.

III.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la época actual debido a la alta demanda del consumidor por carne de buena calidad que le permita conservar buena salud física y buena nutrición, se han incrementado las investigaciones hacia el CLA y sus beneficios potenciales a la salud, por ser considerado como anticarcinogénico, antidiabético y con efectos moduladores de la inmunidad (Kathirvelan *et al.*, 2008). Aumentar el contenido en CLA y reducir el contenido de ácidos grasos saturados son recomendaciones universalmente aceptadas para considerar a los productos de origen animal como saludables (Suman *et al.*, 2012; EFSA, 2010).

Los sistemas de producción de carne basados en el pastoreo directo de los animales, además de ser económicos y sostenibles, permiten lograr productos de mejor calidad para el consumo humano. Los árboles y arbustos forrajeros son una fuente importante de nutrientes, que aportan alimento de buena calidad la mayor parte del año, mejoran la dieta del animal y reducen el uso de concentrados en las unidades de producción pecuarias. Se ha reportado que los taninos condensados pueden modificar la composición de los ácidos grasos de la carne (Priolo y Vasta, 2007; Vasta *et al.*, 2009) y que pueden mejorar la estabilidad del color de la carne fresca de corderos cuando se guarda en refrigeración (Luciano *et al.*, 2009). En las carnes rojas, se ha establecido que tanto el color como el sabor no son afectados por el proceso de oxidación de los lípidos. Sin embargo, los productos de la oxidación de lípidos contribuyen a la pérdida del sabor de la carne, especialmente durante su exposición en anaquel (Gray *et al.*, 1996).

IV.- OBJETIVO GENERAL

Determinar el efecto de los taninos condensados presentes en el fruto del cascalote (*Caesalpinia coriaria* Jacq. Willd) sobre el comportamiento productivo, la actividad ruminal, el rendimiento y las características de la canal en caprinos.

4.1.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- 1.- Evaluar los parámetros productivos, (CMS, GDP, CA) en caprinos suplementados con taninos condensados presentes en el fruto del cascalote (*C. coriaria* Jacq. Willd.).
- 2.- Evaluar el pH ruminal en caprinos suplementados con taninos condensados presentes en el fruto del cascalote (*C. coriaria* Jacq. Willd.).
- 3.- Evaluar la concentración de protozoarios ruminales en caprinos suplementados con taninos condensados presentes en el fruto del cascalote (*C. coriaria* Jacq. Willd.).
- 4.- Evaluar el rendimiento de la canal, de caprinos suplementados con taninos condensados presentes en el fruto de cascalote (*C. coriaria* Jacq. Willd.)
- 5.- Evaluar las características de la canal como son temperatura, pH, color, oxidación lipídica de caprinos suplementados con taninos condensados presentes en el fruto de cascalote (*C. coriaria* Jacq. Willd.)

V.-HIPÓTESIS

Con la adición de taninos condensados presentes en el fruto del cascalote (*Caesalpinia coriaria* Jacq. Willd), en la alimentación de los caprinos, se mejorarán: los parámetros productivos, el pH y la concentración de protozoarios en el rumen, así como el rendimiento y las características de la canal.

VI.- MATERIALES Y MÉTODOS

6.1.- Ubicación del sitio experimental

El experimento se realizó en la posta zootécnica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Guerrero (UAGro), ubicada en la Ciudad de Altamirano, Guerrero, en la región Tierra Caliente del estado, en las coordenadas 18° 24' de latitud norte y 100° 32' de longitud oeste, a una altitud de 240 msnm. El clima es considerado como trópico sub húmedo, con temperaturas que oscilan entre los 43.2 °C máximas y los 28° C mínimas. Con una precipitación pluvial de 1,100 milímetros. Los análisis de laboratorio se realizaron en la misma Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) y algunos análisis como la determinación de la oxidación proteica y lipídica de la carne caprina, se efectuaron en el Laboratorio de carnes (CENID FyMA, INIFAP) ubicado en Ajuchitlán, Colon, Querétaro, Méx.

6.2.- Animales

Se utilizaron 20 caprinos machos (Nubia x Criollo, de 18 ± 3 kg de peso vivo), se asignaron a cada tratamiento y se alojaron en corraletas individuales de 1.10 m x 1.00 m, con bebedero y comedero individual. Al inicio, los animales fueron inmunizados contra clostridium (Ultrabac 8[®], Smith&Kline, Beechman), vitaminados y desparasitados (ivermectina al 1%, con una dosis de 1 ml por cada animal). Los caprinos fueron sometidos a una fase de adaptación de 14 días y posteriormente se inició con los tratamientos por 56 días.

6.3.-Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones, con el siguiente modelo estadístico:

Modelo estadístico: $Y_{ij} = \mu + T_i + \xi_{ij}$

Donde:

Y_{ij} = Variable respuesta del tratamiento i, repetición j.

μ = Media general.

T_i = Efecto del tratamiento i.

ξ_{ij} = Error aleatorio.

Se realizó un análisis de varianza con el paquete estadístico SAS versión (9.0). Para comparar las diferencias entre las medias de tratamientos se aplicó la prueba de Tukey (Steel y Torrie,1988)

6.4.- Tratamientos

T0 (Dieta base), (rastrajo de avena, maíz molido, soya, melaza, aceite vegetal, cal, vitaminas y minerales)

T1 (Dieta base + 1.5 % de taninos de fruto de cascalote (*C. coriaria* Jacq. Willd.)).

T2 (Dieta base + 3% de taninos del fruto de cascalote (*C. coriaria* Jacq. Willd.))

T3 (Dieta base + 4.5 % de taninos de fruto de cascalote (*C. coriaria* Jacq. Willd.)).

Cuadro 1. Composición de la dieta utilizada en la alimentación de los caprinos suplementados con diferentes niveles de taninos condensados del fruto de cascalote (*C. coriaria* Jacq. Willd.) (%BS).

Ingredientes	T0	T1	T2	T3
% de inclusión				
Heno de Avena	46.79	46.94	47.09	47.24
Maíz molido	27.95	22.38	16.83	11.33
Pasta de Soya	12.64	13.24	13.84	14.43
Melaza	7.17	7.20	7.22	7.24
Fruto Cascalote	0	4.58	9.13	13.65
Aceite de girasol	3.17	3.18	3.19	3.20
Carbonato de Ca	1.15	1.15	1.14	1.14
Urea	0.91	0.91	0.91	0.91
Mezcla vit-miner*	0.22	0.42	0.65	0.86
Total	100	100	100	100

*Mezcla vit-minerales: Cloruro de sodio, carbonato de calcio, sulfato de magnesio, sulfato de hierro, sulfato de zinc, selenio de sodio, Vitamina A, Vitamina D3, Vitamina E, Vitamina B1, yodo 130 ppm, subproductos de cereales. * %BS = % Base seca.

T0 (Dieta base), T1 (dieta base más 1.5 % de fruto de *C.coriaria*), T2 (dieta base más 3% de fruto de *C.coriaria*), y T3 (Dieta base más 4.5 % de fruto de *C.coriaria*)

6.5.- Duración del experimento

El experimento duró 56 d, con un periodo de adaptación de 14 d y con 3 periodos de evaluación de 14 d con recolección de muestras. Los caprinos se pesaron con una báscula romana electrónica (c/14 d), para determinar los parámetros productivos, Consumo de materia seca, Ganancia diaria de peso, Conversión alimenticia, mientras que las variables ruminales y el rendimiento y calidad de la canal se midieron al final del experimento.

6.6.- Variables a medir:

Las variables a medir fueron: Para los parámetros productivos: Consumo de materia seca (CMS), ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA); para la actividad ruminal: el pH ruminal y el conteo de protozoarios; así como también se midió el rendimiento y características de la canal como color, Ph y la temperatura y por último el peso vacío de vísceras rojas y verdes y el peso de la grasa mesentérica.

6.7.- Recolección de frutos de cascalote:

Los frutos de cascalote (*Caesalpinia coriaria* Jacq. Willd.), fueron colectados a una altura de 1.5 m simulando el pastoreo de los animales, estos fueron secados a la sombra y se incorporaron a la dieta de los animales. Para el análisis químico y el contenido de taninos se tomaron tres submuestras directamente en campo para que estas fueran analizadas en el laboratorio.

6.8.- Consumo voluntario de alimento

El promedio del consumo voluntario de materia seca por día por animal, se evaluó registrando diariamente la cantidad de alimento ofrecido y rechazado, con estos valores se estimó el consumo en kg. El consumo voluntario se calculó aplicando la siguiente ecuación:

AC= AP- AR

AC= Alimento consumido

AP= Alimento ofrecido

AR= Alimento rechazado

6.9.- Ganancia diaria de peso (GDP)

Los caprinos se pesaron al inicio y al final del experimento, teniendo un ayuno de 12 horas. La GDP se obtuvo por la diferencia entre el peso final menos el peso inicial dividido entre los días que duró el trabajo.

$$GDP = \frac{PF-PI}{ND}$$

Dónde:

GDP= Ganancia diaria de peso

PF= Peso final al término de la evaluación

PI= Peso inicial de evaluación

Nd= Número de días

6.10.- Conversión alimenticia (CA)

La conversión alimenticia se estimó con los valores de las variables de consumo total de alimento y la ganancia de peso total de cada animal dentro de cada grupo experimental estos valores se sustituyen en la sig. fórmula:

$$CA = \frac{CAT}{GPT}$$

Dónde:

CA= conversión alimenticia

CAT= consumo de alimento total de animal

GPT = ganancia de peso por animal.

6.11.- pH ruminal.

Se midió inmediatamente colectado el líquido ruminal con un potenciómetro (Orion 710 A[®]), calibrado a dos valores de pH (4.0 y 7.0). Una vez que se midió el pH se tomaron 50 mL de líquido ruminal de cada muestra para el conteo de protozoarios.

6.12.- Conteo de protozoarios.

Se obtuvieron 50 mL de líquido ruminal de cada animal, este fue filtrado con una gasa con el fin de eliminar partículas grandes de alimento. Posteriormente, los 50 mL se colocaron en un embudo de separación y este se metió en una incubadora a 39 °C por un lapso de 15 min para permitir la precipitación de los protozoarios se prepararon 2 tubos de cultivo de 18 x 150 mm en los que se colocó 1 mL de solución de formaldehído al 10%, mismos que se colocaron en un refrigerador mientras que se realizaba el precipitado de los protozoarios. Después de 15 min en incubación del líquido ruminal filtrado, se agregaron 2 mL al primer tubo, agitando ligeramente el matraz de separación y se colocó nuevamente en la incubadora para favorecer la separación por precipitación, este paso se repitió con el segundo tubo de cultivo. Esta concentración se considera como factor de dilución de 1.25 (FD1=1.25). Para realizar el conteo de protozoarios se hizo de acuerdo a la metodología descrita por Ogimoto e Imai (1981); se tomaron, con una pipeta de Pasteur, 0.5 mL del líquido ruminal fijado con formaldehído y se colocó por capilaridad en dos cuadrículas de una cámara de Neubaüer, posteriormente se observó en un microscopio de contraste a 40x magnificaciones. Esta concentración se considera como factor de dilución de 1.25 (FD1=1.25) . El número de protozoarios por mL se estima de acuerdo con la siguiente formula:

$$\text{Protozoarios mL}^{-1} = (\bar{x}) * (\text{FD}) * (10^4)$$

Dónde:

\bar{x} = media de los conteos de protozoarios en ocho cuadrantes (1mm^2) de la cámara de Neubaüer.

FD= valor inverso de la dilución usada.

10^4 = Factor de corrección del volumen muestreado para conversión de datos a volumen de 1 mL.

6.13.- Sacrificio de los animales y obtención de datos

El sacrificio de los caprinos se realizó de acuerdo a la NOM- 033 ZOO- 1995, en el siguiente orden:

- Pesado de animales. Los caprinos se pesaron individualmente después de 12 h de ayuno para ser conducidos al área de matanza.
- Sacrificio. Se utilizó una pistola de dardo cautivo en la parte frontal de la cabeza.
- Izamiento. Los animales fueron desangrados y se registró el peso de la sangre.
- Desollado, decapitado y desprendimiento de extremidades, para posteriormente pesarlos. En este paso se obtuvieron los pesos de piel, cabeza y patas.
- Eviscerados. Se retiraron y pesaron las vísceras de la cavidad torácica y abdominal, separando corazón, pulmones, tráquea, bazo, riñones, hígado, cola, retículo-rumen, omaso, abomaso e intestinos.
- Limpieza de vísceras. Se extrajo el contenido digestivo y se pesaron las vísceras nuevamente para calcular por diferencia el contenido gastrointestinal.
- Limpieza de la canal. Posterior a la obtención de temperatura, pH, color y peso de la canal caliente, esta se lavó con agua corriente.
- Refrigeración de la canal. Se guardó en el refrigerador a 5°C por 24 h, para volver a medir temperatura, pH, peso de la canal fría y color.

La temperatura y el pH se tomó de acuerdo al método propuesto por Guerrero *et al.* (2002), con un potenciómetro portátil equipado con un electrodo de penetración. Los datos se tomaron en el músculo *Longissimus dorsi* entre la última vértebra torácica y la primera lumbar, directamente en la canal.

El rendimiento de la canal se obtuvo en base a las siguientes fórmulas:

Rendimiento comercial en caliente = $PCC/PS \times 100$

Rendimiento comercial en frío = $PCF/PS \times 100$

Rendimiento biológico en caliente = $PCC/PV \times 100$

Rendimiento biológico en frío = $PCF/PV \times 100$

Dónde:

PCC = Peso de canal caliente

PCF = Peso de canal fría

PS = Peso al sacrificio

PV = Peso vacío

El peso vacío se calculó por diferencia del peso corporal vivo y el contenido gastrointestinal.

Cortes de canal: Estos fueron obtenidos después de retirar la sangre, piel, patas, cabeza, hígado, vísceras y se reportaron en porcentaje respecto al peso del animal vivo.

Color: se midió a los 45-60 min., 4h y 24 h post-mortem directamente de la canal, mediante el sistema Hunter Lab según Guerrero *et al.*, (2002). Se utilizó un colorímetro (Minolta Chroma Meter CR-200, Japan 80025393, Tokio, Japón). Las mediciones se hicieron en aéreas homogéneas, libres de grasa, sangre y burbujas.

6.14.- Colección y análisis de carne.

Las muestras de carne se colectaron de la pierna derecha de las canales frías, para ello se seccionaron las canales y se tomaron 550 g de cada pierna. Las muestras por repetición (animal) fueron separadas en bolsitas, identificadas y selladas al vacío para los diferentes análisis.

6.15.- Medición de la oxidación lipídica mediante la determinación de sustancias reactivas con el ácido tiobarbitúrico (TBARS).

6.15.1.- Obtención del extracto de la carne para determinar la oxidación lipídica

Se pesaron 5 g de carne a los que se les agregó 20 mL de la solución de ácido tricloracético (TCA) al 5% p/v y se homogenizó con ayuda de un homogenizador (IKA T 18 Ultra Turrax Staufen, Alemania) durante un minuto, posteriormente se centrifugó durante 30 minutos a temperatura de 4°C (Centrifuga 5810R Eppendorf, Hamburgo, Alemania), el sobrenadante se filtró con ayuda de papel Wathman No. 4 y se almacenó por triplicado (Raharjo Sri *et al.*, 1992).

6.15.2.- Determinación de sustancias reactivas con el ácido tiobarbitúrico

Se utilizaron 11 mL del extracto obtenido y se le adicionó 1 mL del ácido tiobarbitúrico (TBA) 80 mM, aplicando un tratamiento térmico a 94 °C durante 30 min, se dejó enfriar y posteriormente se leyó su absorbancia a 530 nm. Los resultados se reportaron en mg de malonaldehído (MDA)/kg de carne, utilizando el coeficiente de extinción molar de $1.56 \times 10^5 \text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$ (Raharjo Sri *et al.*, 1992).

VII.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1.- Comportamiento productivo

Se puede observar en el Cuadro 2, que el consumo de materia seca no presentó diferencias significativas en ninguno de los tratamientos. La similitud de los resultados de los parámetros de GDP que se muestran en los cuatro tratamientos, permite inferir que la suplementación con taninos en las condiciones y dosis empleadas en este trabajo no provocó mayores ganancias ni diferencias entre los tratamientos. Respecto a la conversión alimenticia no se observaron diferencias estadísticas significativas. Estos resultados se relacionan directamente con la GDP y el consumo de materia seca que tuvieron los caprinos en cada uno de los tratamientos. Los parámetros productivos obtenidos en este trabajo fueron menores a los reportados por Velázquez (2013), quien obtuvo 1.32, 1.20 y 1.26 kg de CMS, y un promedio en GDP de 268 g con dietas que incluían, 12.3 g, 24.5 g y 20 g de taninos de *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y extractos de quebracho, para corderos en finalización. Mientras que Ayala (2013), reporta CMS de 1.41 kg en su dieta testigo, 1.48 y 1.44 kg en sus dietas con 1.5% y 2.5% de taninos de *Guazuma ulmifolia*. Por su parte Patiño (2011), reporta que sus tratamientos a base del fruto de *A. cochilacantha* al 15%, *A. cochilacantha* al 30% y *P.dulce* al 15 % obtuvieron una mejor CA de 6.0, 8.1 y 9.4 kg respectivamente, siendo mejor su CA, a la reportada en este estudio, mientras que para su dieta testigo, así como otra dieta con *P.dulce* al 30%, la conversión es muy elevada reportando valores de 10.8 y 22.7 kg respectivamente, contrastando con este estudio donde la CA fue de 9.69 y 9.65 kg para el tratamiento que contenía 3% y 4.5% del fruto de *C.coriaria* respectivamente.

Cuadro 2.- Comportamiento productivo de caprinos suplementados con diferentes porcentajes de taninos condensados del fruto de *Caesalpinia coriaria* (Jacq.) Willd.

Variable	Tratamiento				EEM
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	
PVI (kg)	23.09	23.53	24.12	23.02	0.637
PVF(kg)	30.23	30.17	30.29	29.20	0.629
CMS (kg)	1.10	1.06	1.01	0.99	0.012
GDP (kg)	0.12	0.11	0.11	0.11	0.003
CA (kg/1 kg)	9.38	9.31	9.69	9.64	0.235

No hubo diferencias significativas (p>0.05)

T0 (Dieta base), T1 (Dieta base más 1.5 % de taninos en fruto de *C.coriaria*), T2 (Dieta base más 3% de taninos en fruto de *C.coriaria*) y T3 (Dieta base más 4.5 % de taninos en fruto de *C.coriaria*). PVI (Peso vivo inicial), PVF (Peso vivo final), CMS (Consumo de materia seca), GDP (Ganancia diaria de peso), CA (Conversión alimenticia). EEM= Error estándar de la media.

7.2.- pH Ruminal

El Cuadro 3, nos muestra que los valores obtenidos en este estudio no presentaron diferencias estadísticas significativas y se encuentran dentro del rango ideal de pH ruminal, lo que indica que la fermentación ruminal se llevó a cabo sin afectar la funcionalidad del rumen, promoviendo el desarrollo óptimo de la microbiota ruminal. Vásquez (2015), menciona que la concentración total de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), aumenta a medida que se incrementa el nivel de taninos en la dieta, reflejándose a su vez, en una disminución de pH ruminal. Según Degante (2010), el pH ruminal es un parámetro influenciado por la composición, tipo y cantidad de la dieta que le es ofrecida al animal, la frecuencia de alimentación, la proporción de carbohidratos estructurales y no estructurales, las proteínas presentes en la ración, como también, la producción de AGCC, manteniendo el pH en un rango de 5.5 a 6.9, ideal para el funcionamiento óptimo del rumen en la fermentación de los alimentos. Según Trujillo (2012), Los valores de pH en el rumen son influenciados por factores como el tipo de alimento, un animal al consumir una dieta baja en fibra, masticará menos y por lo tanto, la salivación será reducida, lo que facilita un descenso de pH ruminal con la

producción de AGV, principalmente durante el pico de fermentación 3 o 4 h después de la ingestión de alimento, en este pico de fermentación los carbohidratos solubles y los almidones tienen su tasa máxima de fermentación originando variaciones de pH entre 5.5 a 6.5.

Cuadro 3. pH del líquido ruminal de caprinos suplementados con diferentes porcentajes de taninos del fruto de *Caesalpinia coriaria* (Jacq.) Willd.

Tratamientos	pH
T ₀	6.75
T ₁	6.64
T ₂	6.59
T ₃	6.48
EEM	0.256

No hubo diferencia significativa ($p > 0.05$)

T₀ (Dieta base), T₁ (Dieta base más 1.5 % de taninos en fruto de *C.coriaria*), T₂ (dieta base más 3% de taninos en fruto de *C.coriaria*) y T₃ (Dieta base más 4.5 % de taninos en fruto de *C.coriaria*).

EEM= Error estándar de la media

7.3.- Protozoarios ruminales.

En el Cuadro 4, se observa que no existe diferencia estadística significativa en cada uno de los tratamientos. Según Church (2004), se calcula que los protozoarios pueden representar sobre el 2% de peso del contenido del rumen y proporcionar el 60% de los productos de la fermentación microbiana, realizando la producción de proteína bacteriana mediante la predación de bacterias y competición por substrato. Ortiz y Vélez *et al.* (2014), mencionan que los taninos tienen efecto sobre la actividad protozoaria y esto dependerá del tipo de taninos que se utilice, su origen y los niveles de inclusión en la suplementación de los animales. Con respecto a la población microbiana se puede establecer que lo observado varía en función de la especie forrajera portadora de los taninos. Terrill

et al. (1992), encontraron un incremento en la población de protozoos ruminales en trabajos realizados con sulla (*Hedysurum coronarium*). Mientras que Wang *et al.* (1996), observaron el efecto contrario cuando trabajaron con el género *Lotus*. Algunos trabajos mencionan efectos sobre bacterias ruminales, como ocurre con el *Fibrobacter succinogenes* que puede separarse de la fibra (substrato) como ocurrió en experimentos con trébol pata de pájaro (Wang *et al.*, 1996).

Animut *et al.* (2008), citado por Ortiz *et al.* (2014), demostraron que el incremento en el nivel de taninos en la dieta (50, 101, 151 g/kg MS) redujo el número de protozoos en cabras. Trabajando *in vitro*, Galindo *et al.* (2011), reportaron una reducción significativa en el recuento de protozoos y los metanógenos ruminales al incluir *Tithonia diversifolia* al 10 y 20%. Así mismo Galindo *et al.* (2005), y Galindo *et al.* (2009), encontraron que los TC, aislados a partir de hojas de *L. leucocephala* ejercían efecto depresivo en la población total de protozoos del rumen. Barri *et al.* (1986), afirmaron que la combinación de los TH y TC presenta mayor actividad antiprotozoaria que los TH por sí solos. Sin embargo, Jayanegara *et al.* (2011), al evaluar las relaciones entre las diversas fracciones fenólicas de plantas tropicales, no encontraron correlación entre los taninos (TH y TC) y el recuento de protozoos. El posible efecto de algunos árboles forrajeros como el Nacedero (*Trichantera gigantea*), Cachimbo (*Erythrina poeppigiana*) y Orejero (*Enterolobium cyclocarpum*) como defaunadores en rumiantes se debe a la presencia de sustancias fenólicas en sus hojas (Carmona, 2007).

Hegarty (1999), demostró que cuando se minimizan las poblaciones de protozoos, las emisiones de metano del rumen se reducen aproximadamente en 13%. Este efecto varía con la dieta que consumen los animales, Bodas *et al.* (2012), nos dice que los protozoos representan casi la mitad de la biomasa microbiana en el rumen. Su actividad predatoria sobre las bacterias hace su presencia indeseable, sin embargo, son responsables de una proporción significativa de la actividad fibrolítica.

Cuadro 4. Concentración de protozoarios ($\times 10^4 \text{ mL}^{-1}$) en líquido ruminal de caprinos suplementados con diferentes porcentajes de taninos en frutos de *Caesalpinia coriaria* (Jacq). Willd.

Tratamientos	Protozoarios
T ₀	5.46
T ₁	4.95
T ₂	4.15
T ₃	3.97
EEM	0.256

No hubo diferencia significativa ($p > 0.05$)

T0 (Dieta base), T1 (Dieta base más 1.5 % de taninos en fruto de *C. coriaria*), T2 (Dieta base más 3% de taninos en fruto de *C. coriaria*) y T3 (Dieta base más 4.5 % de taninos en fruto de *C. coriaria*).

EEM= Error estándar de la media.

En los animales faunados, los protozoos, además de participar en la digestión de los polisacáridos de la dieta, captan rápidamente los carbohidratos solubles producidos, almacenándolos y evitando su fermentación con la respectiva producción de H₂. En la ausencia de protozoos, la actividad fibrolítica depende de la hidrólisis y fermentación realizada por bacterias y hongos y de la remoción de H₂ realizada por los metanógenos (Galindo *et al.*, 2007).

7.4.- Características de la canal

En el Cuadro 5, se puede observar que no existe diferencia significativa en ninguno de los tratamientos en el rendimiento en canal caliente, en canal frío, en el pH, en el peso de las vísceras rojas, en el peso de las vísceras verdes, en el peso de las extremidades (cabeza, patas, piel) y en la temperatura de la canal, obteniendo un promedio general en el rendimiento en canal del 46.29 %, con un peso vivo al sacrificio de 28.41 kg, un peso vacío promedio de 23.52 kg, la temperatura de la canal caliente fue de 31.89 °C promedio y un pH de 6.69 en promedio y solo se pueden observar diferencias significativas en el peso vacío,

rendimiento biológico caliente y rendimiento biológico frío. El peso vacío y el rendimiento biológico están relacionados entre sí debido a que para su cálculo se utiliza el peso del contenido gastrointestinal, esto quiere decir que los animales pudieron consumir más agua unos más que otros antes del sacrificio, porque de acuerdo a la norma NOM-033, ZOO-1995, nos dice que los animales se someten a un ayudo de alimento mas no de agua está la deben tener las 24 hr. Yáñez (2007), asevera que el rendimiento biológico caliente y el rendimiento biológico frío, pueden estar determinados por varios factores como, la raza, la deposición de grasa, la conformación muscular, la edad, el estado fisiológico, la nutricional del animal y el contenido gastrointestinal que varía dependiendo de la naturaleza de los alimentos y duración del ayuno.

Cuadro 5.- Rendimiento y características de la canal y porciones corporales de caprinos suplementados con diferentes porcentajes de taninos en fruto de *Caesalpinia coriaria* (Jacq.) Willd.

Variable	Tratamientos				EEM
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	
PVS (Kg)	30.04	28.64	27.90	27.04	0.501
PV (Kg)	25.48 ^a	23.6 ^{ab}	23.19 ^{ab}	21.80 ^b	0.428
PCC (Kg)	13.77	13.26	12.97	12.40	0.221
PCF (Kg)	13.71	13.28	13.02	12.37	0.220
RCC (%)	45.79	46.43	46.49	46.05	0.374
RCF (%)	45.59	46.48	46.59	45.95	0.394
RBC (%)	53.95 ^b	56.17 ^{ab}	56.03 ^{ab}	56.89 ^a	0.353
RBF (%)	53.71 ^b	56.24 ^a	56.12 ^{ab}	56.76 ^a	0.370
PP (Kg)	2.23	2.19	2.06	2.20	0.061
PC (Kg)	1.86	1.78	1.73	1.59	0.069
PE (Kg)	0.53	0.53	0.48	0.47	0.012
PVR (Kg)	1.08	0.97	1.12	0.91	0.034
PVV (Kg)	6.35	6.56	6.21	6.70	0.238
GM (Kg)	1.60	1.57	1.39	1.23	0.074

^{a,b,c} Literales diferentes entre hileras indican diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$)

T0 (Dieta base), T1 (Dieta base más 1.5 % de taninos en fruto de *C. coriaria*), T2 (Dieta base más 3% de taninos en fruto de *C. coriaria*) y T3 (Dieta base más 4.5 % de taninos en fruto de *C. coriaria*). PVS (peso vivo al sacrificio), PV (peso vacío), RCC (rendimiento canal caliente), RCF (rendimiento canal frío), RBC (rendimiento biológico caliente), RBF (rendimiento biológico frío), PP

(peso de la piel), PC (peso de la cabeza), PE (peso de extremidades), PVR (peso vísceras rojas), PVV (peso vísceras verdes), GM (grasa mesentérica).

EEM= Error estándar de la media.

Nuestros resultados son similares a los obtenidos por Meneses *et al.*, (2014), quienes obtuvieron un peso vivo de 30.95 kg en caprinos criollos y 31.92 kg en caprinos de la raza Cashmere, con rendimiento en canal de 46.52 % para los caprinos criollos y 41.90 % en caprinos de la raza Cashmere y un peso vacío de 14.43 kg para caprinos criollos y 13.74 kg en caprinos de la raza Cashmere muy similares al rendimiento en canal promedio del presente estudio 46.29%, con peso vivo de 28.41 kg y un peso vacío promedio de 23.52 kg.

7.5.-Características físico - químicas de la carne

Se puede observar que no hubo diferencia estadística (Cuadro 6), en la temperatura corporal y en el pH de la canal, en las mediciones que se realizaron a los 45-60 min. directamente de la canal. En las coordenadas cromáticas de a* y b* medidas a las 4 hr post-mortem no se observa diferencia estadística alguna, de igual manera a las 24 hr post-mortem no se observaron diferencias significativas (Cuadro 6), solo se puede observar diferencia significativa en la medición que se realizó a los 45-60 min, en la luminosidad (L), que de acuerdo con Novelo *et al.* (2008), este parámetro puede estar determinado por varios factores como, los nutrientes en la dieta, sistema de alimentación (corral o pastoreo), nivel de grasa intramuscular, el proceso de oreo y temperatura (debido a que la longitud del sarcómero se ve influenciado por un lento o rápido enfriamiento durante el proceso de maduración de la carne).

Cuadro 6.- Características físico - químicas de la carne de caprinos suplementados con diferentes porcentajes de taninos del fruto de *Caesalpinia coriaria* (Jacq.) Willd.

Variables	Tratamientos				EEM	
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃		
T CC (°C)	31.54	32.70	31.18	32.14	0.085	
pH CC	6.61	6.54	6.64	6.98	0.270	
Color 45-60 min L*	35.41 ^a	32.44 ^b	35.03 ^{ab}	32.98 ^{ab}	0.443	
	a*	12.79	12.99	12.67	12.95	0.142
	b*	10.26	9.43	9.62	9.25	0.157
T 4hr (°C)	22.92	22.50	17.36	20.28	1.020	
pH 4hr	6.39	6.48	6.55	6.65	0.060	
Color 4hr L*	33.80	31.60	31.36	30.17	0.560	
	a*	13.75	14.10	14.88	15.37	0.412
	b*	10.90	10.45	10.46	11.67	0.398
T 24hr (°C)	19.69	17.90	19.44	19.80	0.050	
pH 24hr	5.96	5.73	5.78	5.74	0.796	
Color 24 hr L*	37.31	36.62	35.50	35.54	0.599	
	a*	14.25	16.98	17.31	14.92	0.483
	b*	14.14	16.71	16.25	13.46	0.518

^{a,b,c} Literales diferentes entre hileras indican diferencias significativas (p>0.05)

T0 (Dieta base), T1 (Dieta base más 1.5 % de taninos en fruto de *C. coriaria*), T2 (Dieta base más 3% de taninos en fruto de *C. coriaria*) y T3 (Dieta base más 4.5 % de taninos en fruto de *C. coriaria*).

EEM= Error estándar de la media.

Según Abuelfatah (2016), el aumento de *L se relaciona más con el aumento de la dispersión de la luz que con los cambios químicos en mioglobina, según La Cerda (2012), las diferencias en las coordenadas cromáticas de *a (rojo-verde) y *b (amarillo-azul), podría ser debido a la oxidación de la mioglobina para formar metmioglobina debido a la disminución de la actividad reductora de la metmioglobina, De acuerdo a Romero (2014), otro de los parámetros que es importante para la calidad de la canal es el pH, ya que está relacionado con los procesos bioquímicos que tienen lugar durante la transformación del músculo en

carne, e influye directamente en las características físico-químicas de este producto, el pH muscular de los animales vivos se encuentra en un rango comprendido entre 7.08 y 7.30, después del sacrificio el pH varía dependiendo del músculo donde se mida pero este puede ir de 5.6 (en músculos de actividad glicolítica) a 5.9 (en músculos oxidativos).

Estos resultados muestran que los animales no sufrieron algún tipo de estrés durante el sacrificio, debido a que el pH y el estrés están involucrados en las características de la canal y que el pH tiene una estrecha relación con el color de la carne, el alto pH en la carne resulta en baja luminosidad (*L) y un pH bajo en la carne resulta en una alta luminosidad (*L). Los resultados obtenidos en el presente estudio nos muestran una semejanza con los resultados obtenidos por Cayetano *et al.* (2014), quienes obtuvieron un pH de 6.8 promedio y un índice de color para (*L) de 34.84 en su tratamiento control en comparación a nuestros resultados con pH promedio de 6.7 y un índice de color para (*L) de 33.96 en promedio, sin embargo, nuestros resultados difieren con lo reportado por Germano *et al.* (2009), que mencionó valores para *L de 27.73, lo cual es bajo en comparación con nuestros resultados obtenidos en este estudio. Nuestros resultados de pH en carne son similares a los obtenidos por Marín (2017), quien obtuvo un pH de 6.18 a los 45 min y 5.14 a las 24 hr post-mortem mientras que los nuestros que fueron de 6.61 a los 45 min y 5.96 a las 24 hr post-mortem.

7.6.- Oxidación lipídica

En el Cuadro 7 se muestra que los resultados obtenidos no muestran diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos. De acuerdo a Valenzuela (2016), los componentes pro-oxidantes pueden llevar a los tejidos a sufrir una disminución de los sistemas antioxidantes, provocando la formación de especies reactivas del oxígeno (hidroxilos, superóxidos, y radicales del óxido nítrico) que pueden interactuar con lípidos y proteínas constituyentes de la carne, causando su oxidación y la aparición de olores y sabores desagradables, alteración del color y

en general una disminución de su calidad organoléptica y valor nutritivo, además de generar compuestos potencialmente nocivos para la salud del consumidor como aminas heterocíclicas en carnes cocinadas.

Cuadro 7.- Oxidación lipídica y proteica de la carne de caprinos suplementados con diferentes porcentajes de taninos en fruto de *Caesalpinia coriaria* (Jacq.) Willd.

Tratamiento	TBARS Mg de MDA/kg de carne
T ₀	0.848
T ₁	0.818
T ₂	0.520
T ₃	0.333
EEM	0.131

No hubo diferencia significativa ($p > 0.05$)

T₀ (Dieta base), T₁ (dieta base más 1.5 % de taninos en fruto de *C. coriaria*), T₂ (dieta base más 3% de taninos en fruto de *C. coriaria*) y T₃ (Dieta base más 4.5 % de taninos en fruto de *C. coriaria*).

TBARS (especies reactivas al ácido tiobarbitúrico),

EEM= Error estándar de la media.

Estévez (2011), dice que, al aumentar el tiempo de conservación, aumenta la oxidación, ya que los carbonilos proteicos se forman principalmente por la interacción entre las proteínas y los aldehídos formados como resultado de la oxidación de los lípidos. Nuestros resultados son similares a los encontrados por Oliveira, (2015), quien obtuvo una oxidación lipídica de 0.8300 de TBARS Mg de MDA/Kg de carne en su muestra 6 a los 120 días de conservación que fue cuando obtuvo la mayor oxidación lipídicas de sus muestras.

VIII.- CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente estudio se puede concluir que los niveles de taninos condensados contenidos en el fruto del cascalote (*Casaelpinia coriaria* (Jacq.) Willd) utilizados en la alimentación de los caprinos, no tuvieron efecto sobre los parámetros productivos como son el consumo de materia seca, la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia.

Tampoco se observaron diferencias estadísticas en el pH y concentración de protozoarios en el líquido ruminal.

Los taninos condensados presentes en el fruto del cascalote no modificaron el rendimiento en canal ni las características de la misma, como son el color, el Ph, la temperatura ni las variables que determinan la vida de anaquel de la carne como son la oxidación lipídica.

El presente estudio demuestra que el fruto del cascalote puede ser utilizado en la suplementación alimenticia de los caprinos en zonas secas donde hay escasez de forrajes, sin que alteren las variables productivas, la fermentación ruminal, ni el rendimiento y características de la canal en caprinos estabulados.

IX.- BIBLIOGRAFÍA

- Abuelfatah. K. Zukl. A.B.Z. Goh. Y.M. Sazlt. A.Q. (2016) Effects of enriching goat meat with n-3 polyunsaturated fatty acids on meat quality and stability. *Small, ruminant, research*, 1(1), pp, 25.
- Aguilar. R. G. M.L. Leal. R. E. & Campocosio. T. A. (2004). Effect of culture parameters on the degradation of a hydrolyzable tannin extracted from cascalote by *aspergillus niger*, *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1(73):45–52
- Álvarez. J. M. (2007). Tanino, la revolución enológica, mito o realidad, *Rev. Enología* No. 2 Año, VI.
- AOAC. (1997). Official Methods of Analysis. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.
- Arzate. S. H. D (2017). Efecto de la adición de ajo en la dieta de conejos sobre la calidad sanitaria de la carne. Tesis de Maestría. Colegio de postgraduados.
- Ayala, M.M.A. (2013). Inclusión de taninos en la dieta de ovinos en finalización: respuesta en calidad de la carne. Tesis de Maestría. Colegio de postgraduados, campus montecillo. México
- Baron, C.P., Skibsted, L.H., Andersen, H.J., (2002). Concentration effects in myoglobincatalyzed peroxidation of linoleate. *J. Agric. Food Chem.*, 50: 883-888.
- Barry T N and Mc Nabb W C (1999) The Effect of Condensed Tannins in Temperate forages on Animal Nutrition and Productivity. In Tannins in Livestock and Human Nutrition, pp 30-35 [J D Brooker, editor]. *Canberra Australian Center for International Agricultural Research*. www.aciar.gov.au.
- Barry T N, Manley T R & Duncan S J (1986) The role condensed tannins in the nutritional value of *Lotus pedunculatus* for sheep. 4. Sites of carbohydrate and protein digestion as influenced by dietary reactive tannin concentration. *British Journal of Nutrition* 55(1):123-137.

- Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana, (2009) Descripción del árbol de cascalote *Caesalpinia coriacea* (Jacq.) Willd. Consultado en: <http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=Cascalote&id=7133>.
- Bodas R, Prieto N, García-González R, Andrés S, Giráldez FJ and López S (2012) Manipulation of rumen fermentation and methane production with plant secondary metabolites. *Animal Feed Science and Technology*, 176(1): 78–93.
- Carmona J C (2007) Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras sobre la dinámica digestiva en bovinos. *Revista Lasallista de Investigación* 4(1): 40-50.
- Carulla, J. E., M. Kreuzer, A. Machmüller, H. D. Hess. (2005). Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 15, (56), 961-970.
- Carulla, J. E., M. Kreuzer, A. Machmüller, H. D. Hess. (2005). Supplementation of *Acacia mearnsii* tannins decreases methanogenesis and urinary nitrogen in forage-fed sheep. *Aust. J. Agric. Res.* 56:961-970.
- Cayetano. J. J. A, Salem. A.Z.M. Mariezcurrena. BMA. Camacho. LM. (2014). Effect of adding *Salix babylonica* Extracts and Exogenous Enzymes to Basal Diets on the Meat Quality of Growing Suffolk Lambs. *Animal Nutrition and Feed Technology*. 13, (3), 373-380.
- Church, D. C., Pond, W. G. Pond, K. R. (2004). Fundamentos de Nutrición y alimentación de Animales. Ed. Acribia, España. 75:137 pp. Ababa, Ethiopia.
- Degante B.N. (2010). Evaluación del comportamiento productivo de borregos usando acetato de trembolona + benzoato de estradiol y laurato de nandrolona. Benemérita Autónoma de Puebla. Unidad Académica de Ingeniería Agrohídrica.
- Douglas G B, Donkers P, Foote A G. & Barry T N 1993 Determination of extractable and bound condensed tannins in forage species. Proceeding of the XVII. International Grassland Congress. pp 204-206.

- EFSA (European Food Safety Authority) (2010). Scientific Opinion on Dietary Reference Values for fats, including saturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, monounsaturated fatty acids, trans fatty acids, and cholesterol. *The EFSA Journal*, 8(3), 1461–1567.
- Escaray, J.F. (2007) Taninos condensados en leguminosas del género Lotus: Estudio de sus funciones biológicas y evaluación de su utilidad en el mejoramiento de la calidad forrajera de especies de importancia agronómica Tesis doctoral: Universidad de Buenos Aires. Área Ciencias Agropecuarias, argentina.
- Fallón, J.V., Busboom, J.R., Nelson, M.L., Gaskins, C.T. (2007). A Direct method for fatty acid methyl ester synthesis: Application to wet meat tissues, oils, and C.T. Gaskins. *J. Anim. Sci.*85:1511 – 1521.
- Folch, J., Lees, M., Sloane- Stanley, G.H. (1956). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. of Biol. Chem.* 1: 497 – 509.
- Fraga. C.M. (2010). Microbiota ruminal: estrategias de modulación con microorganismos fibrolíticos. Tesis de maestría.
- Fraser T J, Rowarth J S and Knight T L 1997 Pasture Species Effects On animal performance. Proceeding of the XVIII. International Grassland Congress Canada. Session 29 (23-24).
- Galindo, J., González, N., Sosa, A., Ruiz, T., Torres, V., Aldana, I.A., Díaz, H., Moreira, O., Sarduy, L y Noda C.A. (2011). Efecto de *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray (Botón de oro) en la población de protozoos y metanógenos ruminales en condiciones *in vitro*. *Instituto de Ciencia Animal. San José de las Lajas, Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 45, (1).
- Galindo, J., Marrero Y. (2005). Manipulación de la fermentación microbiana ruminal. Instituto de Ciencia Animal., Apartado Portal 24. San José de las Lajas. La Habana. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, Tomo 39, Número Especial.
- García, D.E. (2004). Principales factores anti nutricionales de las leguminosas forrajeras y sus formas de cuantificación. *Pastos y Forrajes*, Vol. 27, No. 2.

- Germano, C.R., Malveira, B.A.S., Suely, M.M., Gonzaga, N.S., Ramos, E.Q.C., Araújo, F.J.T. and Selaive, V.A. (2009). Physical and chemical characterization of lamb meat from different genotypes, submitted to diet with different fibre contents. *Small Ruminant Research*, 81: 29-34.
- Gray, J.I., Gooma, E.A., Buckley, D.J., (1996). Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Sci.*, 43: S111-S123.
- Guerrero, L. M.I., Ponce, A. E., Pérez, C. M. L. (2002). Curso práctico de tecnología de carnes y pescado. 1 Edición, UAM-I.
- Hegarty, R.S. (1999). Reducing rumen methane emissions through elimination of rumen protozoa. *Aust. J. Agr. Res.* 50, (13) 21
- Hervas. N. (2001). Taninos condensados 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 de doctorado, Universidad de León, España.
- Hess. D.H. Gómez. J.(2004). Taninos en la nutrición de rumiantes en Colombia, memorias del taller sobre taninos CIAT.
- INAFOR. (2002). Guía de especies forestales de Nicaragua. 1era edición. Managua, Nicaragua. Editora de arte. 215 p.
- IRENA (1992). Árboles forestales útiles para su propagación. Servicio Forestal Nacional, Managua, Nicaragua. 262 pp
- Jayanegara A, Wina E, Soliva R, Marquardt S, Kreuzer M and Leiber F (2011) Dependence of forage quality and methanogenic potential of tropical plants on their phenolic fractions as determined by principal component analysis. *Animal Feed Science and Technology*, 163: 231–243.
- Jones, G. A., T. A. McAllister, K.-J. Cheng, A. D. Muir. (1994). Effect of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop) condensed tannins on growth and proteolysis by 4 strains of rumen bacteria. *Appl. Environ. Microbiol.* 60:1374-1378.
- Kathirvelan, C., Tyagi, A. K., Krishnamurthi, P. (2008). Influence of conjugated Linoleic acid ghee feeding on cancer incidences and histopathological

- changes in 7, 12 dimethylbenz (a) anthrazene induced mammary glandcarcenogenesis in rats. *Veterinarski Arhiv*, 78(6), 511–520.
- La Cerda M.E.J. De Oliveira. M.F. H. Ramos. Q. R.C. Suely. M.M. (2012) Meat quality characteristic of exotic and SPRD crossbred goats from the semiarid región. *Cienc. Tecnol. Aliment. Campinas*, 32 (4): 768-774.
- López, J., I. Tejada, C. Vazquez, G. De Dios, A. Shimada. (2004). Condensed tannins in Sumid tropical fodder crops and their In vitro biological activity part 1. *J. Sci Food Agric*. 84: 295 - 299.
- Luciano, G., Monahan, F.J., Vasta, V., Biondi, L. Lanza, M., Priolo, A., (2009). Dietary tannins improve lamb meat colour stability. *Meat Sci.*, 81: 120-125.
- Mangan J L 1988 *Nutritional effects of tannins in animal feeds. Nutrition Research Reviews*. 1, 209-231.
- Marín. M.P.M. (2017). *Efecto de la adicción de cilantro (coriandrum sativum L) en la dieta de conejos sobre la oxidación de la grasa y proteína durante la vida de anaquel de la carne*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Márquez, L.D., Álvaro, L.S. (2008). El uso de taninos condensados como alternativa nutricional y sanitaria en rumiantes. *Revista de Medicina Veterinaria* 3, (16), 90-101 pp.
- Meneses R.R.A. Rojas. O. H. Flores. P (2014). Rendimientos y composición de canales de cabritos criollos e híbridos Cashmere, *Arch. Zootec.* 53, (201), 107-110.
- Merino. H.V.L. (2013).: Crecimiento pre y post destete de corderos alimentados con o sin levadura *Saccharomyces Cerevisae*. Tesis para obtener el Título de Médico Veterinario
- Molina. S. J. M. Cano. M. T. M. (2002) extracción y caracterización de taninos en corteza de 3 especies forestales cultivadas en Guatemala, pino ocote (pinus oocarpa schiede),, encino negro (quercus brachystachys benth) y aliso común (alnus jorulensis hbk.). Una alternativa de desarrollo agroindustrial para el uso de taninos naturales.

- Morán. L.L.L.(2013) Efecto del ácido carnòsico añadido a la dieta de coorderos sobre el bienestar animal y la calidad de la carne. Tesis de Maestría. Universidad de león España.
- Oliveira, L.M.C. Gonzaga.F.L. Simionato.J.I. Barros.O.J. (2015), Estabilidad oxidativa de carne caprina almacenada en sub congelamiento. *Revista verde (Pombal. Pb. Brasil)* 10, 2, 162-168.
- Ortiz, D M., Posada, S.L y Noguera R.R. (2014). Efecto de metabolitos secundarios de las plantas sobre la emisión entérica de metano en rumiantes.Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Antioquia, AA 1226, Medellín, Colombia.
- Otero, M.J., Hidalgo, G.L.G. (2004) taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrointestinales. Tandil. Unicen, Buenos Aires, Argentina.
- Pérez, D. D. Andújar, R. G, (2000). Cambios de coloración de los productos cárnicos, *Rev. Cubana Aliment. Nutr.*; 14 (12), 114-23.
- Pérez, R.M. (1997). Valor Nutricional Foliar de Tres Especies *de Acacia*. UANL. Facultad de ciencias forestales subdirección de postgrado. 16-18 pp.
- Priolo, A., Vasta, V., (2007). Effects of tannin-containing diets on small ruminant meat quality. *Ital. J. Anim. Sci.*, 6: 527-530.
- Ramírez, L.R.G. (2008).Nutrición de caprinos: en Pastoreo. Ed. Trillas, México. 96-102 pp
- Reed J D (1995) Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Journal of Animal Science* 73:1516-1528.
- Román. L. M. Mora. S. A. Gallegos. R. A. (2005). Frutos de leguminosa arbóreas en la alimentación de rumiantes en una bosque tropical caducifolio, de la costa de Jalisco. CUCBA. Universidad de Guadalajara, Mexico.
- Rotger. C.A. (2004). Fermentación ruminal, degradación proteica y sincronización energía-proteína en terneras en cebo intensivo, Tesis de Doctorado.
- SAS/STAT, 2010. Statistical Analysis System for windows. Version 9.3.SAS Institute Inc., Campus Drive, Cary, North Carolina 27513.

- Suman, R.M., Tyagi, A., Asraf, H.S.k., Tyagi, A.K. (2012). Effect of tanniniferous Terminalia chebula extract on rumen biohydrogenation, $\Delta 9$ -desaturase activity, CLA content and fatty acid composition in longissimus dorsi muscle of kids. *Meat Science* 90:558–563
- Terrill T.H., G. B. Douglas, A. G. Foote, R. W. Purchas, G. F. Wilson and T. N. Barry (1992) Effect of condensed tannins upon body growth, wool growth and rumen metabolism in sheep grazing sulla (*Hedysarum coronarium*) and perennial pasture. *The Journal of Agricultural Science*. 119 (2):265-273.
- Torres, A.J., Días L.M., Hervé, H.C., Castro, S.C y Aguilar, C.A.J. (2008) Efectos negativos y positivos del consumo de forrajes ricos en taninos en la producción de caprinos. FMVZ, Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida Yucatán, México. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 9 (8): 83-90.
- Trujillo. G.A. (2012). Comportamiento productivo y niveles de ácido oleico en la canal de corderos suplementados con sacharomyces cerevisiae, colegio de postgraduados. Tesis para obtener el grado de maestro, Mexico.
- Urieta. F. L. Urieta. F. D. Rubio. Ma. S. L. Méndez. M. R. D. (2001), Análisis comparativo de carne y productos cárnicos de cabrito alpino francés y alpino francés (3/4) con bóer (1/4). Tesis de Maestría, México.
- Valenzuela.V.C. Perez.M.P. (2016). Actualización en el uso de antioxidantes naturales derivados de frutas y verduras para prolongar la vida útil de la carne y productos cárneos. *Rev. Chil. Nutr.* 43, (2), 188-195.
- Van Soest, P. J. (1991). Use of Detergents in the Analysis of Fibrous Feeds. I. Preparation of Fiber Residues of Low Nitrogen Content. *Assoc. Off Agr. Chem. Jour.* 46:829-835.
- Vásquez, H.A. (2009).extracto acuoso de colorante negro natural, a partir de las semillas de nacazcol (caesalpinia coriaria) en condiciones de laboratorio. Depto de microbiología. Facultad de medicina. Universidad de el salvador.
- Vásquez, I.M, Acosta P.N.E. (2015). Efecto de la inclusión de taninos como aditivo alimenticio sobre el comportamiento ingestivo, degradabilidad y parámetros de fermentación ruminal en bovinos. Facultad de ciencias agropecuarios, universidad de Cundinamarca sede Fusagasugá (Colombia).

- Vasta, V., Priolo, A., Scerra, M., Hallett, K.G., Jeffrey D. Wood, J.D., Doran, O., (2009). $\Delta 9$ desaturase protein expression and fatty acid composition of longissimus dorsi muscle in lambs fed green herbage or concentrate with or without added tannins. *Meat Sci.*, 82: 357-364.
- Vázquez, F.A., Álvarez E.E., Parrilla L. Días L.J; Medrano W.A y De la Rosa, A.L. (2012). Taninos hidrolizables y condensados: naturaleza química, ventajas y desventajas de su consumo. Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, Instituto de Ciencias Biomédicas, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Vol. VI, No. 2.
- Velázquez. M. M. (2013). Taninos de forrajes de árboles y su efecto en producción y calidad de la carne de bovinos, caprinos y ovinos. Tesis de Doctorado, Universidad de León, México.
- Vélez, M.T.R., Campos, R.G y Sánchez, G.H. (2014) uso de metabolitos secundarios de las plantas para reducir la metanogénesis ruminal. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17 (14): 489 – 499.
- Waghorn C G, Shelton I D, McNabb W C and McCutcheon S N 1994 Effects of condensed tannins in *Lotus pedunculatus* on its nutritive value for sheep. 2. Nitrogenous aspects. *Journal of Agricultural Science, Cambridge* 123:109-119.
- Wang Y, Douglas G B, Waghorn C G, Barry T N, Foote A G and Purchas R W (1996) Effect of condensed tannins upon the performance of lambs grazing *Lotus corniculatus* and Lucerne (*Medicago sativa*). *Journal of Agricultural Science, Cambridge*, 126:87-98.
- Yáñez, E.A.; Resende, K.T.; Ferreira, A.C.D, (2007). Effects of feed restriction on yield, retail cuts and tissue composition of carcass of Saanen kids. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36, (3) ,666-673.