



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

**CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y
NUTRICIONAL DEL FRUTO DE CHOTE
(*Parmentiera aculeata*).**

SELENE PÉREZ MORALES

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

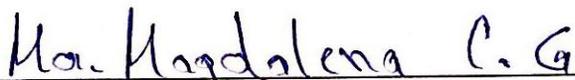
2020

La presente tesis titulada: **Caracterización química y nutricional del fruto de chote (*Parmentiera aculeata*)** realizada por la alumna: **Selene Pérez Morales** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
GANADERÍA

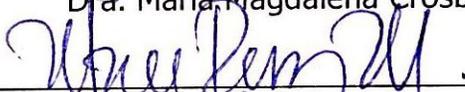
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERA



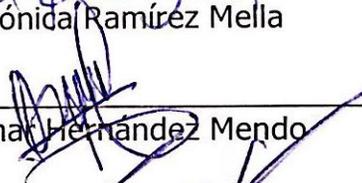
Dra. María Magdalena Crosby Galván

ASESORA



Dra. Mónica Ramírez Mella

ASESOR



Dr. Omar Hernández Mendo

ASESOR



Dr. José Ricardo Barceña Gama

Montecillo, Texcoco, Estado de México, enero de 2020

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL DEL FRUTO DE CHOTE

(*Parmentiera aculeata*)

Selene Pérez Morales, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2020

RESUMEN

En el trópico húmedo existe una gran variedad de alimentos autóctonos. Durante el periodo de sequía, existe la disponibilidad de frutos de chote (*Parmentiera edulis* DC), los cuales son ávidamente consumidos por ovinos que pastorean libremente. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue: Caracterizar química y nutricionalmente del fruto de chote para su incorporación en dietas para ovinos. Los tratamientos utilizados fueron T0= Testigo, T15= 15 % fruto de chote y T30= 30 %fruto de chote. Se determinó el contenido de materia seca (MS), humedad, proteína total, cenizas, extracto etéreo, fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), energía total, azúcares reductores, metabolitos secundarios, degradabilidad *In situ* del fruto del chote y de las dietas experimentales, degradabilidad de FDN, FDA, pH, nitrógeno amoniacal (N-NH₃) y concentración de ácidos grasos volátiles (AGV's). Los resultados obtenidos muestran que el fruto de chote tiene 15.84 % de MS parcial, 84.16 % humedad parcial, 94.14 % de MS, 5.86 % humedad, 3.81 % de ceniza, 8.15 % proteína total, 2.7 % extracto etéreo, 30.91 % FDN, 24.69 % FDA y hemicelulosa 6.22 %. Se encontró 24.94 % en total de azúcares reductores, de los cuales se identificaron como: fructosa 8.28 %, glucosa 5.11 % y sacarosa 11.55 %. En base a los resultados obtenidos de proteína total, minerales, fraccionamiento de fibra y metabolitos secundarios, *P. aculeata* es un ingrediente que en épocas de estiaje puede ser integrada en dietas elaboradas para ovinos.

La degradabilidad del fruto fue de 82.80 % a las 48 h, la degradabilidad *In vitro* de la MS T0 presentó una degradabilidad similar a T30 (51.81 % vs 50.11 %, respectivamente). Como era de esperarse la degradabilidad de la MS, FDN y FDA, incrementan gradualmente conforme transcurren las horas de incubación, el pH no presentó diferencias estadísticas, al igual que el de N-NH₃. Los AGV's, el ácido acético, propiónico y butírico, presentan diferencias estadísticas, siendo T15 (77.81, 18.52, 8.97 mM L⁻¹), presentan mayor producción en comparación con T0 (62.03, 14.40, 7.33 mM L⁻¹). El fruto del chote, presenta un gran potencial para su uso en dietas para ovinos, debido a su disponibilidad en época de estiaje con un porcentaje de inclusión del 30 % máximo al ser evaluado *In situ*, sustituyendo al maíz sin alterar las variables ruminales.

Palabras Clave: *Parmentiera edulis* DC, AGV's, degradabilidad, variables ruminales, metabolitos secundarios.

CHEMICAL AND NUTRITIONAL CHARACTERIZATION OF THE CHOTE FRUIT

(*Parmentiera aculeata*)

Selene Pérez Morales, M.C.
Colegio de Postgraduados, 2020

ABSTRACT

In the humid tropics there is a great variety of native foods. During the dry period, there is the availability of chote fruits (*Parmentiera edulis* DC), which are eagerly consumed by sheep that graze freely. Therefore, the objective of this study was: To chemical and nutritionally characterize of the chote fruit for incorporation into diets for sheep. The treatments used were T0 = 0 % of the chote fruit , T15 = 15 % fruit of chote and T30 = 30 % fruit of chote. The content of dry matter (DM), moisture, total protein, ash, ethereal extract, neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF), total energy, reducing sugars, secondary metabolites, degradability *In situ* of the fruit was determined chote and experimental diets, degradability of NDF, ADF, pH, ammoniacal nitrogen (N-NH₃) and concentration of volatile fatty acids (VFAs).

The results obtained show that the chote fruit has 15.84 % partial DM, 84.16 % partial humidity, 94.14 % DM, 5.86 % humidity, 3.81 % ash, 8.15 % total protein, 2.7 % ether, 30.91 % NDF, 24.69 % ADF and hemicellulose 6.22 %. A total of 24.94 % of reducing sugars were found, of which were identified as: 8.28 % fructose, 5.11 % glucose and 11.55 % sucrose. Based on the results obtained from total protein, minerals, fiber fractionation and secondary metabolites, *P. aculeata* is an ingredient that can be integrated into diets prepared for sheep in times of dryness.

The degradability of the fruit was 82.80 % at 48 h. The *In vitro* degradability of the DM T0 showed a degradability similar to T30 (51.81 % vs. 50.11 %, respectively). As

expected, the degradability of the DM, NDF and ADF increases gradually as the incubation hours pass, the pH did not show statistical differences, as did that of N-NH₃. The VFAs, acetic acid, propionic and butyric acid, have statistical differences, T15 (77.81, 18.52, 8.97 mM L⁻¹), have higher production compared to T0 (62.03, 14.40, 7.33 mM L⁻¹). The fruit of the chote, has a great potential for use in diets for sheep, due to its availability during the dry season with a maximum inclusion percentage of 30 % when evaluated *In situ*, replacing corn without altering the rumen variables.

Keywords: *Parmentiera edulis* DC, volatile fatty acids, degradability, ruminal variables, secondary metabolites.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) y al Colegio de Postgraduados por el apoyo económico y la oportunidad de realizar mis estudios en tan prestigiada institución.

*A la **LGAC-CP** Innovación tecnológica y calidad alimentaria en ganadería.*

*Durante la realización de este proyecto, usted **Dra. María Magdalena Crosby Galván** por su confianza, que desde un principio creyó en el proyecto, y ha convertido en realidad lo que para mí era un sueño. Ha sido mi mano derecha y quien me ha guiado en el complicado proceso. Es cierto, no ha sido nada fácil, sin embargo gracias a su ayuda, esto ha parecido un tanto menos complicado.*

*Quisiera agradecer a cada uno de mis profesores **Dr. José Ricardo Bárcena Gama, Dra. Mónica Ramírez Mella, Dr. Omar Hernández Mendo** por su valiosa tutoría en todo proceso de realización de esta tesis por permitirles compartirles los hallazgos de esta investigación.*

*Doy gracias a **Ing. Elsa Margarita Crosby Galván** por su generosa colaboración, que contribuyó un proceso de investigación, de un modo u otro, persona importante de mi vida profesional y personal que ha contribuido con su enriquecimiento de una manera concreta y práctica, demostrando su interés, cercanía y apoyo moral.*

El resultado mi tesis ha sido espectacular, mejor de lo que esperaba y una gran parte del desarrollo de este excelente trabajo se los debo a ustedes. Que Dios los bendiga.

DEDICATORIAS

*En primer lugar, a **Dios**, por haberme brindado salud, sabiduría y la oportunidad a lo largo de mi carrera para concluir la maestría.*

Por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí siempre, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo a ellos dedico el presente trabajo, porque han fomentado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida; lo que ha contribuido a la consecución de este logro.

***Mis padres:** Por haberme enseñado e impulsado al camino de superación; por hacerme de mí una mejor persona. Que sin ustedes no hubiera logrado una meta más en vida profesional. **Mamá Francisca Morales Serna**, gracias por estar a mi lado en esta etapa de mi posgrado, tu apoyo moral y entusiasmo que me brindaste para seguir adelante en mis propósitos. **Papá Uriel Pérez Hernández** por todo el tiempo que estas a mi lado, por tu fortaleza, tus experiencias, conocimientos y consejos. Por todo.*

Gracias.

*No ha sido nada sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a tus aportes, a tu amor a tu inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos agradezco a la vida que tú seas mi **hermano Javier Pérez Morales** y por todas las formas de demostrarme que no he estado sola gracias por la confianza y por ser en mí una persona fuerte para ser mejor para ti para que veas en mí una persona de bien y a seguir luchando por nuestros sueños y metas por cumplir.*

Tú, quien ha sido mi mano derecha durante todo este tiempo; te agradezco por tu desinteresada ayuda, por echarme una mano cuando siempre la necesité, por aportar considerablemente en mi proyecto. Te agradezco no solo por la ayuda brindada, sino

*por los buenos momentos en los que convivimos. Eres una gran persona, y me encanta tenerte a mi lado. **Sarai Rico López.***

¡Muchas Gracias!

***Mis amigos** por permitirme aprender más de la vida a su lado. Esto es posible gracias a ustedes.*

*Dedico esta tesis **a todos aquellos que no creyeron en mí**, a aquellos que esperaban mi fracaso en cada paso que daba hacia la culminación de mis estudios, a aquellos que nunca esperaban que lograría terminar la carrera, a todos a aquellos que apostaban a que me rendiría a medio camino, a todos los que supusieron que no lo lograría.*

CONTENIDO

RESUMEN	iii
ABSTRACT	v
AGRADECIMIENTOS	vii
DEDICATORIAS	viii
LISTA DE CUADROS	xiv
LISTA DE FIGURAS	xv
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
OBJETIVOS	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos	2
HIPÓTESIS	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Historia.....	3
Clasificación taxonómica.....	3
Características y distribución de la planta (<i>P. aculeata</i>).....	4
Hábitat y localización	4
Árbol	5
Floración y fructificación	6
Fruto	6
Flor.....	7
Hoja	8
Semilla	9
Madera.....	9
Información etnobotánica y ecológica	10
Usos medicinales.....	11
Investigaciones realizadas con el fruto de chote.....	11
Literatura citada	15
CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL FRUTO DEL CHOTE (<i>Parmentiera aculeata</i>).....	18
1.1 RESUMEN.....	18

1.2	ABSTRACT	20
1.3	INTRODUCCIÓN.....	21
1.4	MATERIALES Y MÉTODOS	22
1.4.1	Localización.....	22
1.4.2	Procesamiento del fruto	22
1.4.3	Análisis de laboratorio	22
1.4.4	Minerales: calcio, fósforo y cobre en el fruto de chote	22
1.4.5	Energía total del fruto de chote	22
1.4.6	Análisis preliminares para determinar metabolitos secundarios en el fruto de chote	23
1.4.6.1	Fenoles totales en el fruto de chote	24
1.4.7	Azúcares reductores en el fruto de chote.....	24
1.4.8	Perfil de ácidos grasos de cadena larga (Esterés metílicos de ácidos grasos) del fruto de chote	24
1.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
1.6	CONCLUSIÓN.....	31
1.7	LITERATURA CITADA	32
CAPÍTULO II. DEGRADABILIDAD <i>IN VITRO</i> Y MEDICIÓN DE BIOGÁS <i>IN VITRO</i> DEL FRUTO DE CHOTE (<i>Parmentiera aculeata</i>) Y DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES.....		
2.1	RESUMEN.....	34
2.2	ABSTRACT	36
2.3	INTRODUCCIÓN.....	37
2.4	MATERIALES Y MÉTODOS	39
2.4.1	Localización.....	39
2.4.2	Tratamientos	39
2.4.3	Animales	41
2.4.3.1	para la degradabilidad <i>In vitro</i> y producción de gas <i>In vitro</i> del fruto.	41
2.4.3.2	Degradabilidad <i>In vitro</i> de la MS, materia orgánica, medición de gas total, CH ₄ , CO ₂ y gases menores del fruto de chote y de las dietas.	41

2.4.4	Análisis estadístico.....	41
2.4.5	Degradabilidad <i>In vitro</i> de la MS, materia orgánica, gas <i>In vitro</i> , medición de metano, dióxido de carbono y gases menores del fruto de chote y de las dietas experimentales	42
2.4.6	Análisis estadístico.....	44
2.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
2.6	CONCLUSIÓN.....	52
2.7	LITERATURA CITADA	53
CAPÍTULO III.- DEGRADABILIDAD <i>IN SITU</i> DE LAS DIETAS ELABORADAS		
CON Y SIN FRUTO DEL CHOTE EN OVINOS		
3.1	RESUMEN.....	56
3.2	ABSTRACT	58
3.3	INTRODUCCIÓN.....	59
3.4	MATERIALES Y MÉTODOS	61
3.4.1	Localización.....	61
3.4.2	Análisis de laboratorio	61
3.4.3	Tratamientos y composición de las dietas para ovinos	61
3.4.4	Degradabilidad <i>In situ</i> del fruto de chote y de las dietas experimentales en ovinos.	62
3.4.5	Degradabilidad de FDN y FDA de las dietas y del fruto de chote en ovinos.	63
3.4.6	Variables ruminales.....	63
3.4.6.1	pH.....	63
3.4.6.2	Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃)	63
3.4.6.3	Concentración de ácidos grasos volátiles (AGV's) de cadena corta.	64
3.4.7	Análisis estadístico.....	65
3.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	66
3.6	CONCLUSIÓN.....	74
3.7	LITERATURA CITADA	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES		
		78

CONCLUSIONES	78
RECOMENDACIONES	78

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica	3
Cuadro 2. Resumen de las pruebas preliminares antes señaladas: Presencia de principios activos de desarrollo de color.....	23
Cuadro 3. Resultados de los análisis preliminares de metabolitos secundarios en el fruto de chote.....	28
Cuadro 4. Ácidos grasos de cadena larga (Esteres metílicos de ácidos grasos) (%) del fruto de chote, maíz y sorgo.	30
Cuadro 5. Dietas experimentales y su composición química	40
Cuadro 6. Valores de degradabilidad <i>In vitro</i> (%) en el fruto de chote.	45
Cuadro 7. Resultados de gas <i>In vitro</i> (mL gMS) en el fruto de chote.....	46
Cuadro 8. Resultados de degradabilidad <i>In vitro</i> de la MS y materia orgánica del fruto y de los tratamientos (%).	48
Cuadro 9. Resultados de gases totales, CH ₄ , CO ₂ y gases menores de la degradabilidad <i>In vitro</i> del chote y de las dietas experimentales.....	50
Cuadro 10. Dietas experimentales y su composición química (%).	62
Cuadro 11. Condiciones del cromatógrafo de gases para analizar ácidos grasos volátiles	64
Cuadro 12. Análisis proximal (%) del chote y de las dietas para ovinos.	66
Cuadro 13. Degradabilidad <i>In situ</i> (%) de la MS de las dietas experimentales en ovinos.....	68
Cuadro 14. Degradabilidad de la FDN (%) de las dietas experimentales en los ovinos.....	69
Cuadro 15. Degradabilidad <i>In situ</i> de la MS, de FDN y FDA (%) del fruto de chote de los ovinos.	71
Cuadro 16. Variables ruminales de las dietas experimentales de los ovinos	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Principales estados donde habita el chote (<i>P. aculeata</i>) (INEGI 2018).....	5
Figura 2. Árbol de chote (foto propia: Tehuetlán, Hgo.)	6
Figura 3. Fruto de chote (Foto propia: Tehuetlán, Hgo.)	7
Figura 4. Flor (foto propia: Tehuetlán, Hgo).	8
Figura 5. Hojas (Foto propia: Tehuetlán, Hgo.)	8
Figura 6. Semillas (Foto propia: Tehuetlán, Hgo.).....	9
Figura 7. Árbol de chote (Foto propia: Tehuetlán, Hgo.)	10

INTRODUCCIÓN GENERAL

El grano de maíz representa para la mayoría de los países del mundo y para el nuestro, el ingrediente más utilizado como suplemento energético en la alimentación animal (Camps y Guillermo, 2003). Por su uso tan frecuente y extendido, la ciencia ha generado una importante cantidad de información básica y aplicada en relación al manejo del grano de maíz “en distintas situaciones de alimentación” tanto para animales domésticos como para las personas, el consumo per cápita es de 343 g d⁻¹, 72 % del total de cereales consumidos en el país (FAOSTAT, 2010). Muchos árboles del trópico húmedo tienen hojas que sirven como alimento a los animales. Algunos también tienen frutos, como las vainas que pueden utilizarse en la alimentación animal. Tanto el follaje como los frutos pueden tener muy buenas características nutricionales (Patiño, 2014).

Árboles como el chote (*P. aculeata*), producen frutos que contienen agua, energía y minerales, los frutos caen durante la época seca. Durante este periodo, existe la disponibilidad de frutos de chote, los cuales son consumidos por animales que pastorean libremente (Jiménez, 1989). Por lo tanto, la caracterización y utilización del fruto de chote en la elaboración de dietas para ovinos podría ayudar a disminuir la competencia de consumo de maíz entre animales domésticos y personas. Con base en lo anterior, el objetivo de este estudio fue determinar la composición química, contenido de nutrientes y determinar el nivel óptimo de inclusión del fruto en dietas para ovinos bajo condiciones *In vitro* e *In situ*.

OBJETIVOS

Objetivo general

Caracterizar química y nutrimentalmente el fruto de chote (*Parmentiera aculeata*) para uso en la formulación de dietas para ovinos.

Objetivos específicos

1. Evaluar químicamente el fruto de chote.
2. Determinar la degradabilidad *In vitro*, *In situ* y la producción de biogás del fruto y de las dietas experimentales.
3. Determinar las variables de fermentación ruminal.

HIPÓTESIS

El fruto de chote (*Parmentiera aculeata*) puede ser utilizado como una fuente alterna para rumiantes sin afectar la degradabilidad ni la fermentación ruminal.

REVISIÓN DE LITERATURA

Historia

En el siglo XVI Francisco Hernández (1943) relató que el fruto de *Parmentiera aculeata* tenía usos medicinales como: anticatarral, diurético, sordera y sordera por el frío. A mediados del siglo XVIII, Ricardo Ossado (1983) señaló que este fruto tiene acción en la vejiga, siendo para el dolor nefrítico con resultados favorables. En el siglo XX, Maximino Martínez (1934) refiere los usos siguientes: anticatarral, antidiabético, laxante, diurético, para la fiebre tifoidea, gastroenteritis, nefritis, infección del oído externo, como sedante, para la sordera y para lavar las vías urinarias. Unos años después, la Sociedad Farmacéutica de México reporta al fruto como diurético y utilizado para la infección del oído externo.

Clasificación taxonómica

En el Cuadro 1 se presenta la clasificación taxonómica del fruto de chote.

Cuadro 1. Clasificación taxonómica

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Asteridae
Orden:	Lamiales
Familia:	<i>Bignoniaceae</i>
Tribu:	<i>Crescentieae</i>
Género:	<i>Parmentiera</i>
Especie:	<i>Parmentiera aculeata</i>

CONABIO (2009)

Características y distribución de la planta (*P. aculeata*)

El chote, es un árbol propio de la selva baja caducifolia que cubre amplias extensiones en el Sur y Centro de México. Se trata de un árbol que llega a crecer hasta 15 m de altura, de troncos gruesos y corteza agrietada. Las hojas son mayormente trifoliadas y unas pocas son simples, elípticas, lustrosas, de color verde intenso. Los nudos en las ramas están armados con una espina gruesa, pequeña, curva y aguda, la cual se encuentra subyacente a cada hoja. Las flores de esta especie crecen en el tronco y en los extremos de las ramas. El fruto es cilíndrico, generalmente curvado, con costillas gruesas, carnosas y fibrosas; llega a medir 17 cm de longitud y más de tres centímetros de diámetro (Patiño, 2014).

Hábitat y localización

La planta de chote es una especie muy abundante como árbol de sombra en potreros, se adapta a varios tipos de suelo, pero prospera mejor en sitios sombreados cercanos a los arroyos, crece en climas cálidos: semicálido y templado (Villar, 2011).

Originario de México y del Norte de América Central. Se encuentra desde el Sur de Tamaulipas y San Luis Potosí hasta la Península de Yucatán en la vertiente del Golfo y desde el centro de Sinaloa hasta Chiapas, en el Pacífico (Figura 1). Forma parte del bosque tropical caducifolio adaptándose a regiones cálidas y húmedas de América Central. Cultivado en lugares con una altitud de 2000 a 2240 msnm y precipitaciones anuales superiores a 1 500 mm, teniendo rendimientos de producción de aproximadamente 1 000 a 2 000 frutos en todo el año (Villar, 2011).



Figura 1. Principales estados donde habita el chote (*P. aculeata*) (INEGI 2018).

Árbol

El árbol llega a medir de 3 a 15 m de altura y 30 cm de diámetro (Figura 2). La base es acanalada con abundantes espinas cortas, copa ramificada desde la base y sin forma, posee ramas ascendentes, el tronco principal mide 30 cm de diámetro, corteza agrietada de color pardo amarillento, ligeramente fisurada, con un grosor total de 6 a 15 mm (Sorela, 2006).



Figura 2. Árbol de chote (foto propia: Tehuetlán, Hgo.)

Floración y fructificación

La especie florece durante todo el año en México, Puerto Rico y Honduras. El tiempo de desarrollo del chote, de una flor a un fruto maduro, es de 40 días aproximadamente (Villar, 2011). Florece y fructifica de marzo a diciembre (Escamilla y Moreno, 2015).

Fruto

Nombres comunes: Cuachilote, guajilote, chote, guetoxiga, pepino de árbol, guachilote y chayote. Es parecido al cacao, se puede consumir crudo o preparado de diferente forma, atribuyéndole propiedades medicinales. Es una baya de color verde-amarillo cuando no está maduro; y de café-rojizo cuando el fruto está maduro. Es de forma cilíndrica, alargado u oblonga, de 10 a 17 cm de largo y de 2 a 6.5 cm de ancho, con surcos longitudinales, estriados, sésiles o colgantes de las ramas (Figura 3). La pulpa es de color blanquecino con numerosas semillas de color negro. Su sabor se asimila a la caña de azúcar (Villar, 2011). Los pobladores de la región Mixteca consumen el fruto de *P. aculeata* como alimento en forma cruda, hervida y algunos consumen el fruto

completo, y otros solamente desechan la parte fibrosa interna (Pérez-Gutiérrez *et al.*, 1998). También se ha reportado su consumo por cocción (en aproximadamente un litro de agua) en algunas regiones (Andrade *et al.*, 2006).



Figura 3. Fruto de chote (Foto propia: Tehuetlán, Hgo.)

Flor

Las flores (Figura 4) son hermafroditas, solitarias o agrupadas, se encuentran creciendo directamente del tronco o en las terminaciones de las ramas de 5 a 8 cm de largo de color crema verdosa, con estriaciones púrpuras, irregularmente dividido hacia algún lado. Cáliz de coloración verde de 2 a 3 cm de largo, corola de color crema verdoso de 4.5 a 6.5 cm de largo ampliamente tubular con cinco lóbulos gigantes, cuatro estambres saliendo de la base del tubo de la corola. Filamentos, crema verdosos, anteras pardas; ovario supero, bilocular (Sorela, 2006).



Figura 4. Flor (foto propia: Tehuetlán, Hgo).

Hoja

Las hojas subopuestas miden 6 a 15 cm de largo, compuestas por 2 a 3 hojas secundarias o foliolos que miden 3.5 × 1.5 cm hasta 8 × 3 cm, el foliolo terminal o de la punta, generalmente es más grande; el margen de los foliolos entero es de color verde oscuro en el haz y en el envés, verde pálido (Figura 5). Estos árboles pierden sus hojas una vez al año (Villar, 2011).



Figura 5. Hojas (Foto propia: Tehuetlán, Hgo.)

Semilla

La dispersión de la semilla es zoocórica, tiene forma cordada, aguda, comprimida, de 3 a 3.3 mm de largo y de 2.5 a 2.8 mm de ancho. La testa es de color oscuro, ligeramente áspera, opaca, coriácea, de 0.1 a 0.3 mm de grosor. El embrión es recto, cordiforme, comprimido, de color crema ligeramente amarillenta y ocupa toda la cavidad de la semilla (Figura 6). Tiene dos cotiledones, planos, carnosos, cordiformes, con dos tenues lóbulos en su parte superior y redondos literalmente. La radícula es corta, erecta, inferior y dirigida al hilo. Carece de endospermo (Gutiérrez *et al.*, 2003).

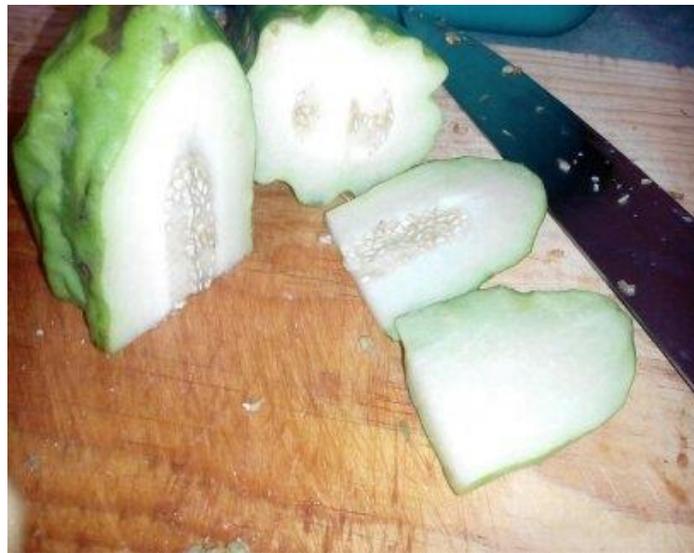


Figura 6. Semillas (Foto propia: Tehuetlán, Hgo.)

Madera

La madera no tiene usos industriales. Localmente se utiliza como árbol de sombra y ornato (Figura 7). La infusión obtenida de la raíz es utilizada como medicina casera para enfermedades como resfriado, diabetes e hidropesía (Wills *et al.*, 1997).



Figura 7. Árbol de chote (Foto propia: Tehuetlán, Hgo.)

Información etnobotánica y ecológica

En Cuba los estudios etnobotánicos realizados por Roig Mesa (1965), demostraron que *Parmentiera aculeata* es especie introducida y diseminada en dicho país, siendo el fruto, utilizado como alimento para el ganado y comestible para el hombre. Rodríguez y Sánchez (2001), sugieren que sus frutos sean utilizados en los programas pecuarios de la agricultura urbana. Según Pinto (2001), estudios realizados en Chiapas han demostrado que el chote es un árbol del cual los frutos son ampliamente utilizados como forraje para el ganado (89 % de los casos), sombra (76 %), seguida por el uso como leña (69 %), cercos vivos (34 %), consumo humano (24 %), uso medicinal (21 %) y para la elaboración de diversos utensilios agrícolas (14 %). Por lo tanto, se trata de una especie de uso múltiple, desde Veracruz hasta el Salvador y Guatemala. León y Poveda (2000), también reportan la especie como forrajera y de uso múltiple en la zona de bosques secos y subhúmedos de Guanacaste, Costa Rica, probablemente como introducción prehispánica.

En encuestas realizadas, las personas conocen la especie como chote (20 %), pepinillo (10 %), fruta de puercos o de cochinos (50 %), y un 20 % no la asocia a ningún nombre. El 100 % estuvo de acuerdo que el fruto es bueno como forraje para la cría de ganado vacuno, ovino, caprino y équidos. El 50 % manifestó que el cerdo lo come bien según Little (1988).

Usos medicinales

Se utiliza todo el árbol, el fruto, las flores y la corteza en infusión para el dolor de riñones, disentería, cálculos renales y en infusión como bebida durante el día. Asimismo, las flores en infusión para curar la tos; las raíces suelen ser útiles como diuréticas y para el control de la diabetes (Chávez, 2010).

Investigaciones realizadas con el fruto de chote

Cáceres *et al.* (1995), en un estudio *In vitro* demostraron que el extracto etanólico de *Parmentiera aculeata* posee actividad antigonorreica, por observarse una tintura alcohólica de este árbol, la cual tuvo acciones inhibitorias contra la cepa de *Neisseria gonorrhoeae* proveniente de pacientes sintomáticos.

Por otra parte Pérez-Gutiérrez *et al.* (1998) en otra investigación realizada, con el extracto clorofórmico del fruto de este árbol en dosis de 100, 200 y 300 mg kg⁻¹ administrado a ratones diabéticos de la cepa CD-1 inducidos con aloxano, comprobaron que la dosis de 300 mg kg⁻¹ disminuyó 43.75 % el nivel de glucosa sanguínea. De la misma forma Pérez *et al.* (2000), realizaron un estudio con el guaianólido lactusin-8-O-metilacrilato, proveniente de la fracción clorofórmica del fruto

seco de este árbol y demostraron que redujo los niveles de azúcar en sangre en ratones diabéticos.

En otro trabajo realizado con los extractos clorofórmico y de acetato de etilo de *Parmentiera edulis* se obtuvo estigmasterol y hexaacetato de manitol, después de una reacción de acetilación; estos compuestos tienen utilidad medicinal, ya que el estigmasterol tiene efecto hipoglucemiante y el manitol es utilizado para reducir la presión intraocular e intercraneal por edemas, además de promover la eliminación de sustancias tóxicas (Gallegos-Estudillo, 2006).

Ortega-Balderas (1999), logró aislar dos compuestos de tipo esteroidal, el β -sitosterol del extracto hexánico y el estigmasterol en los extractos hexánico, clorofórmico y acetónico de la corteza de este árbol, los cuales han sido documentados que son compuestos con efecto hipoglucémico.

También se ha reportado que el extracto hexánico del tallo tiene efecto antitumoral mediante el estudio de una línea celular de cáncer de mama (MDA-MB-231). Los metabolitos presentes en el extracto, a los cuales se le atribuye tal actividad antitumoral fueron cumarinas, terpenos y quinonas (Estanislao-Gómez, 2010).

Reyes-Celis (2011), caracterizó el aceite esencial y la actividad antioxidante del agua residual del fruto de *Parmentiera edulis*, en donde logró identificar mediante cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas, cuatro sesquiterpenos: α -bergamoteno, (Z)- β -farneseno, β -bisaboleno y α -bisabolol. El análisis de las familias de metabolitos presentes en las aguas residuales reveló la posible presencia de cumarinas y flavonoides. Las aguas residuales de la hidrodestilación del aceite esencial de este fruto mostraron un mayor porcentaje de captura de radicales libres (DPPH) en

el estadio verde. De igual forma, la cantidad de polifenoles detectada fue mayor en el estadio de fruto verde.

Otra investigación demostró que el extracto etanólico de la corteza de *P. aculeata* tuvo efecto hipoglucemiante similar al de la glibenclamida en un modelo animal de tolerancia a la glucosa. También se demostró que la administración de este mismo extracto a mediano plazo (7 d), pero no bajo administración continua disminuyó significativamente los niveles de glucosa en ratas diabéticas inducidas con aloxano. Dicho efecto fue atribuido a la presencia de metabolitos secundarios como los flavonoides, según el tamiz fitoquímico realizado al extracto etanólico (Vargas-Blanco, 2013).

Moctezuma *et al.* (1993), por su parte al realizar una digestibilidad *In vivo* con dietas integrales a distintos niveles de inclusión de fruto de chote (*Parmentiera edulis*) para ovinos, encontraron que este, mejora la digestibilidad en un nivel máximo estudiado de 30 %, constituyendo una fuente alterna de alimentación. Además, recomiendan incluirlo en las raciones para ovinos cuando su disponibilidad y costo lo permitan.

Investigaciones realizadas por García-Castillo *et al.*, (2008), al determinar la degradación *In situ* de la MS del fruto de *P. edulis* con diferentes estados de madurez, reportan que la MS del fruto maduro presentó mayor degradación ruminal que el estado de chilillos o verde, pero la MS de este fruto muestra baja disponibilidad ruminal, indicando que no es un material forrajero que pueda sustituir a forrajes tropicales.

Ley de Coss *et al.* (2013), al evaluar niveles de cuajilote (*P. edulis*) en un medio de cultivo *In vitro* para mantener vivos a los protozoarios ciliados del rumen reportan que dicho fruto permite mantener una concentración de protozoarios similar a la del rumen, y con ello se pueden hacer evaluaciones de trabajos de desfaunación. De igual forma

en 2015, evaluaron un medio de cultivo *In vitro* para protozoarios ciliados del rumen, encontraron que *P. aculeata*. Kunth permitió conservar durante 3 días la población de 10^4 , sin alterar el patrón de fermentación.

González-Gómez *et al.* (2006), determinaron fenoles totales (FT) y taninos condensados (TCT) en flor, hoja y fruto de cuajilote (*P. aculeata*), reportaron 0 % TCT y 0.4 % FT.

Pinto-Ruiz *et al.*, (2010), al evaluar la composición química y degradación ruminal *In situ* de cogollos, hojas y tallos verdes de cuajilote (*P. edulis*) en Chiapas, México, mencionan que dicho árbol presenta aproximadamente 15 % de proteína cruda (PC), moderados niveles de fracciones de fibra, bajo contenido de TCT y valores de degradación aceptables (76 %).

Literatura citada

- Cáceres A, Menendez H, Mendez E, Cohobon E, Samayoa BE, Jauregui E, Peralta E, Carrillo G. 1995. Antigonorrhoeal activity of plants used in Guatemala for the treatment of sexually transmitted diseases. *J Ethnopharmacol*, 48 (2): 85-8.
- Camps D. N. y Guillermo O. G. 2003. Grano de maíz en la alimentación del ganado: ¿Entero o partido?. *Sitio Argentino de Producción Animal*. pp 4.
- Chávez Q. E., Roldán T. J., Sotelo O. B, E., Ballinas D. J. y López Z. E. J. 2009. Plantas comestibles no convencionales en Chiapas. *Rev. Salud pública y nutrición*. Volumen 10 No. 2. Universidad de Ciencias y Artes. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. pp. 85-86.
- Conabio. 2009. Catálogo taxonómico de especies de México. 1. In *Capital Nat. Mexico*. CONABIO. Mexico City. pp. 1-222.
- Escamilla P. B. E., Moreno C. P. 2015. Plantas medicinales de la Matamba y el Piñonal, municipio de Jamapa, Veracruz. *Instituto de ecología (INECOL)*. Xalapa, Ver. Mex. pp 34-35.
- Estanislao-Gómez C. 2010. Efecto antitumoral de diferentes extractos del tallo de *Parmentiera edulis* en una línea celular de cáncer de mama MDA-MB-231. Trabajo de grado. México, D.F: Instituto Politécnico Nacional. pp 26-27.
- FAOSTAT (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, estadísticas). 2010. <http://faostat.fao.org/>, Base de datos estadísticos de la FAO, 15 de junio de 2018.
- Gallegos-Estudillo J. 2006. Estudio fotoquímico de los extractos etéreos del fruto de cuajilote (*Parmentiera edulis* DC). Trabajo de grado. Veracruz, México: Universidad Veracruzana. pp 6-16.
- García-Castillo, Martínez-Tinajero, Montañez-Valdez, Sánchez-Orozco, Posada-Cruz, Izaguirre-Flores y Martínez-Priego. 2008. Degradación ruminal de la materia seca del fruto cuajilote (*Parmentiera edulis*). *Zootecnia Trop*. 26(1): 1-8.
- González-Gómez, Ayala-Burgos y Gutiérrez-Vázquez. 2006. Determinación de fenoles totales y taninos condensados en especies arbóreas con potencial forrajero de la Región de Tierra Caliente Michoacán, México. *Livestock Research for Rural Development*. 18:11 pp.
- Gutiérrez R.M., Pérez González C., Zavala-Sánchez M.A., Pérez Gutiérrez S. 2003. Actividad hipoglucémica de *Bouvardia terniflora*, *Brickellia veronicaefolia* y *Parmentiera edulis*. *J. Salud Pública de México*, 40: 354-358.
- Hernández F. 1943. Árboles de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. *Sociedad Farmacéutica de México*. Vol. II. 1952. pp 1-4.

- INEGI. Instituto nacional de estadística y geografía. 2018. XII Censo General de Población y Vivienda. <http://www.beta.inegi.org.mx/app/buscador/default.html?q=chote.Parmentieraaculeata>. <http://www.naturalista.mx/taxa/209957-Parmentiera-aculeata>. (Consulta: 05/03/2018).
- Jiménez M.A. 1989. La producción de forrajes en México. Auch-Fira/Banco de México. 354-358 pp.
- León, A. L.; J. Poveda. 2000. Nombres comunes de las plantas en Costa Rica, Ed. Guayacán, San José, Costa Rica. Revista de Biología Tropical Online version ISSN 0034-7744 Print version ISSN 0034-7744. Rev. biol. trop vol.49 n.3-4 San José Dec. 40-45 pp.
- Ley de Coss A., De León de León W., Marroquín Agreda Fco. J., Lerma Molina J.N., Posada Cruz S., Cobos Peralta M. A. 2013. Nivel de cuajilote (*Parmentiera edulis*) en un medio de cultivo para protozoarios ciliados del rumen. Memoria III Congreso Internacional de Microbiología Pecuaria IV Congreso Nacional y XIV Congreso Estudiantil de Microbiología Pecuaria. 2-7 pp.
- Ley de Coss A., Aguirre Medina, Arce Espino, León de León, Posada Cruz, Pinto Ruíz, Guevara Hernandez, Gayón Amaro. 2015. Cultivo *In vitro* de protozoarios ciliados del rumen en un medio a base de *Parmentiera aculeata* Kunth. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 18:181– 187 pp.
- Little, E. L. 1988. Árboles de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Sociedad Farmacéutica de México. vol. II. 76-87 pp.
- Martínez M. 1934. Árboles de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Sociedad Farmacéutica de México. Vol. II. 1952. pp 1-4.
- Moctezuma S., A., Lerma D., E. C., Martínez D., R., Salinas Ch., J y Yado P, R. 1993. Digestibilidad *In vivo* de dietas integrales con distintos niveles de inclusión de fruto de chote (*Parmentiera edulis*) para ovinos. Reunión Nacional de investigación pecuaria. Jalisco, México. 27-30 pp.
- Ortega-Balderas R. 1999. Estudio fotoquímico de *Parmentiera edulis* DC. Trabajo de grado. Veracruz, México: Universidad Veracruzana. 1-2 pp.
- Ossado R. 1983. Sociedad Farmacéutica de México. Vol. II. 1952. pp 1-4.
- Patiño Del Ángel, 2014. Obtención de biocombustible a partir de la fruta del árbol de chote. Tesis ingeniería química. Poza Rica- Tuxpan. 24-26 pp.
- Pérez RM, Perez C, Zavala MA, Perez S, Hernandez H, Lagunes F. 2000. Hypoglycemic effects of lactucin-8-O-methylacrylate of *Parmentiera edulis* fruit. J. Ethnopharmacol. 71 (3): 39. 1-4 pp.

- Pérez-Gutiérrez RM, Pérez-González C, Zavala-Sánchez MA, Pérez-Gutiérrez S. 1998. Hypoglycemic activity of *Bouvardia terniflora*, *Brickellia veronicaefolia*, and *Parmentiera edulis*. *Salud Pública Mex.* 40 (4): 1-5 pp.
- Pinto Ruiz, R. 2001. Especies arbóreas y arbustivas de uso forrajero en tres regiones de Chiapas, <http://www.google.com/cu/search?hl=es&ie=ISO88591&q=Parmentiera+edulis%>. (Consulta: 20/04/2017).
- Pinto-Ruiz, Hernández D, Gómez H, Cobos MA, Quiroga R, Pezo D. 2010. Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: Usos y características nutricionales. *Universidad y Ciencia Trópico Húmedo.* 26(1):19-31 pp.
- Reyes-Celis N. 2011. Caracterización del aceite esencial y actividad antioxidante de las aguas residuales del fruto de *Parmentiera edulis*. Veracruz, México: Universidad Veracruzana. 44 p .
- Rodríguez, A.; P. Sánchez. 2001. Especies de frutales cultivadas en Cuba para la agricultura urbana, Agrinfor, La Habana. 10 p.
- Roig Mesa, J. T. 1965. Diccionario botánico de nombres vulgares cubanos, t. I, Ed. Científico-Técnica, La Habana. 77 p.
- Sorela, B. 2006. Cuajilote (*Parmentiera edulis*). Tlahuimedic. 2006. <http://www.tlahui.com/medic/medic21/cuajilote.htm>(Consulta 17/04/2017).
- Vargas-Blanco M. 2013. Evaluación del efecto hipoglucemiante de los extractos etanólicos de la corteza y fruto de *Parmentiera edulis* D.C. Tesis de Licenciatura. Xalapa Ver: Universidad Veracruzana, Facultad de Química Farmacéutica Biológica. 391-394 pp.
- Villar Herrera S.L. 2011. Evaluación nutrimental del fruto *Parmentiera edulis* para su posible utilización en la industria alimentaria. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro División de Ciencia Animal Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 16-24 pp.
- Wills R.H., Lee T.H., McGlasson W.B., May E.G, Graham D. 1997. Fisiología y manipulación de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Editorial Acribia, 2°ed. México. 31-38 pp.

CAPÍTULO I. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL FRUTO DEL CHOTE (*Parmentiera aculeata*)

1.1 RESUMEN

En México existe una gran variedad de alimentos autóctonos que cayeron en desuso después de la colonización, tal es el caso del fruto conocido como “chote” (*Parmentiera edulis* D.C.). Actualmente se han realizado estudios que mencionan el uso del chote para el control de diabetes *mellitus*, anticatarral, diurético, para la sordera, y algunos otros sobre sus propiedades químicas y nutricionales en la alimentación animal. El objetivo de este estudio fue caracterizar y determinar el contenido de MS, humedad, proteína total, cenizas, extracto etéreo, FDN, FDA, energía total, azúcares reductores (fructosa, glucosa y sacarosa) y metabolitos secundarios (alcaloides totales, flavonoides totales, fenoles totales, taninos totales, terpenos totales y saponinas totales) del fruto de chote. Los resultados obtenidos muestran que el fruto de chote tiene 15.84 % de MS, 84.16 % humedad, 94.14 % de MS total, 5.86 % humedad total, 3.81 % de cenizas, 8.15 % proteína total, 2.7 % extracto etéreo, 30.91 % FDN, 24.69 % FDA y hemicelulosa 6.22 %. La energía total del fruto de chote es de 3.93 Mcal kg⁻¹ MS, si se compara con la del maíz por ser un alimento energético, el cual representa al ingrediente que se está sustituyendo en la dieta que tiene 4.32 Mcal kg⁻¹ MS. Se encontraron los siguientes minerales; 0.03 % de P, 0.15 % de Ca, 8 ppm de Cu. El resultado de los análisis preliminares de metabolitos presentes en el fruto resultó positivo (+) para fenoles totales. Se encontró 24.94 % en total de azúcares reductores, de los cuales se identificaron como: fructosa 8.28 %, glucosa 5.11 % y sacarosa 11.55 %. Con base en los resultados obtenidos *P. aculeata* presenta un aceptable contenido

nutrimental para ser utilizado en dietas sin un aparente riesgo para la salud para los animales que la consuman.

Palabras clave: Fenoles, proteína, minerales, azúcares, FDN, FDA.

1.2 ABSTRACT

In Mexico there is a great variety of native foods that fell into disuse after colonization, such is the case of the fruit known as "chote" (*Parmentiera edulis* D.C.). Currently there have been studies that mention the use of chote for the control of diabetes mellitus, anti-catarhal, diuretic, for deafness, and some others on its chemical and nutritional properties in animal feed. The objective of this study was to characterize and determine the content of DM, moisture, total protein, ash, ethereal extract, NDF, ADF, total energy, reducing sugars (fructose, glucose and sucrose) and secondary metabolites (total alkaloids, total flavonoids, total phenols, total tannins, total terpenes and total saponins) of the chote fruit. The results obtained show that the chote fruit has 15.84 % DM, 84.16 % humidity, 94.14 % total DM, 5.86 % total humidity, 3.81 % ash, 8.15 % total protein, 2.7 % ether, 30.91 % NDF, 24.69 % ADF and hemicellulose 6.22 %. The total energy of the chote fruit is 3.93 Mcal kg⁻¹ DM, when compared with that of corn because it is an energy food, which represents the ingredient that is being substituted in the diet that has 4.32 Mcal kg⁻¹ DM. The following minerals were found; 0.03 % of P, 0.15 % of Ca, 8 ppm of Cu. The result of preliminary analyzes of metabolites present in the fruit was positive (+) for total phenols. A total of 24.94 % of reducing sugars were found, of which were identified as: 8.28 % fructose, 5.11 % glucose and 11.55 % sucrose. Based on the results obtained, *P. aculeata* has an acceptable nutritional content to be used in diets without an apparent health risk for the animals that consume it. **Keywords:** Phenols, protein, minerals, sugars, NDF, ADF.

1.3 INTRODUCCIÓN

La ganadería de los trópicos mexicanos basa su alimentación en el pastoreo y depende preponderantemente de gramíneas, con la desventaja de tener baja calidad comparada con las gramíneas de zonas templadas. Recientemente ha surgido el interés por el manejo de vegetación arbustiva y arbórea nativa, que puede brindar alimento para el ganado y al mismo tiempo servicios ambientales como captación de agua, sombra y mantenimiento del flujo de minerales. Por tanto, se hace relevante el conocimiento del valor nutritivo de las diferentes especies preferidas por el ganado que pastorea en sitios con vegetación nativa, tal es el caso del fruto conocido como “chote” (*Parmentiera edulis* D.C.) (Angón, 2006). Su consumo está restringido prácticamente a las zonas donde el chote prospera, donde también se emplea como alimento forrajero, además tiene usos herbolarios. Su fruto es rico en vitamina A, pero, no goza de gran popularidad en el mercado de alimentos en México (Patiño, 2014). Actualmente se han realizado estudios que mencionan de su uso para el control de diabetes *mellitus*, anticatarral, diurético, para la sordera, y algunos otros sobre sus propiedades químicas y nutricionales en la alimentación animal, por lo que se pretende conocer su potencial nutritivo, caracterizando, cuantificando de macro y micronutrientes que proporciona, al adicionarlo en diferentes niveles a dietas destinadas a la producción animal.

1.4 MATERIALES Y MÉTODOS

1.4.1 Localización

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de Nutrición Animal del Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicado en el km 36.5 de la carretera México-Texcoco en Montecillo Texcoco, Estado de México. A una altitud de 2240 msnm.

1.4.2 Procesamiento del fruto

El fruto se recolectó en Tehuetlán, Huejutla de Reyes, Hidalgo, ubicado en la carretera México-Tampico en el km 185. A una altitud de 340 msnm, longitud oeste 98° 31' y latitud norte de 21° 03' 33" (INEGI, 1990). El fruto se transportó en estado fenológico verde y maduro. Se colocó en charolas de aluminio en la estufa de aire forzado (RIOSSA[®], Ríos Rocha Mod. NCF-62) a 55 °C, para determinar MS parcial por 5 d, la molienda se realizó en un molino (Thomas Willey Laboratory Mill Mod. 4), a malla de 1 mm para análisis de laboratorio que se mencionan a continuación.

1.4.3 Análisis de laboratorio

Los análisis de MS, humedad, proteína total, cenizas y extracto etéreo, se realizaron de acuerdo a la metodología del AOAC (2005), el fraccionamiento de la FDN y FDA por la técnica propuesta por Van Soest *et al.* (1991).

1.4.4 Minerales: calcio, fósforo y cobre en el fruto de chote

Se determinó, fósforo, calcio y cobre por absorción atómica en un espectrofotómetro Perkin Elmer (Yaman y Kaya, 2005).

1.4.5 Energía total del fruto de chote

La energía total se determinó por bomba calorimétrica en un calorímetro marca Parr con la técnica Maynard *et al.*, (1979).

1.4.6 Análisis preliminares para determinar metabolitos secundarios en el fruto de chote

Se realizaron análisis preliminares (Cuadro 2) en el fruto de chote para la determinación de metabolitos secundarios (alcaloides, flavonoides, fenoles, taninos, terpenos y saponinas) con los principios activos de cada metabolito con su revelador positivo (Canon *et al.*, 2002 y Domínguez, 1998).

Cuadro 2. Resumen de las pruebas preliminares antes señaladas: Presencia de principios activos de desarrollo de color.

Revelador	Color (+)	Principios Activos
		Flavonoides
Cloruro férrico al 3 %	Azul	Lignanós Taninos
Folin-Ciocalteu	Azul	Fenoles
Dragendorff	Manchas anaranjadas	Alcaloides
Vapores de amoníaco	Amarillo	Específico para flavonoides
Liberman-Buchard	Rojo Azul violeta	Esteroides Triterpenoides
Anisaldehído	Azul, violeta, rojizo	Di y triterpenoides
Vainillina	Rosa-violeta	Monoterpenoides

1.4.6.1 Fenoles totales en el fruto de chote

El análisis preliminar de fenoles resultó positivo, por lo cual se determinó posteriormente por espectrofotometría a 740 nm, con la técnica de Waterman (1994). Para lo cual se pesó un gramo de muestra en cinco mL de metanol al 80 %, posteriormente se puso al baño de ultrasonido tres veces, después se centrifugo a 5 000 rpm durante cinco minutos. Al finalizar se toman 200 µL, se le agregan 300 µL de agua más 25 µL de Folin-Ciocalteu en relación 1:1 de carbonato de sodio al 25 %, se incuba durante una hora y se lleva al espectrofotómetro.

1.4.7 Azúcares reductores en el fruto de chote

La evaluación de azúcares se realizó por cromatografía de líquidos (HPLC) de acuerdo a la metodología de Mustafa *et al.*, (2003). La cual consiste en lo siguiente; se pesan dos gramos de muestra y se le agrega 60 mL de etanol al 80 %, se puso a ebullición lenta hasta obtener 10 mL. Posteriormente afora a 17 mL para filtrarse con acrodiscos y llevarlo al HPLC para su lectura.

1.4.8 Perfil de ácidos grasos de cadena larga (Esterés metílicos de ácidos grasos) del fruto de chote

A las muestras del fruto, se le realizó perfil de ácidos grasos de cadena larga con la técnica de Palmquist, 2003 y Jenkins, 2010. Para la cual se pesa 0.5 g de muestra, se añaden dos mL de metóxido de sodio, se ponen en baño maría durante 10 min a 50 °C, se dejan enfriar durante cinco minutos y se añaden tres mL de HCl metanólico al 5 %, se tapa y agita en el vórtex. Después se incuba a 80 °C durante 10 min en el baño maría, se deja enfriar siete minutos y se añaden dos mL de hexano, posteriormente se

añade una solución de carbonato de potasio al 6 %, se centrifuga durante cinco minutos a 2 500 rpm, se extrae la fracción de hexano, se añade una pequeña cantidad de sulfato de sodio y carbón, se centrifuga a 1 500 rpm durante 5 minutos, pipetear la fase limpia de hexano a un vial de micromuestras para su posterior lectura.

1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis químico proximal

Los resultados obtenidos muestran que el fruto de chote tiene 15.84 % de MS parcial, 84.16 % humedad, 94.14 % de MS, 5.86 % humedad total, 3.81 % de ceniza, 8.15 % proteína total, 2.7 % extracto etéreo, 30.91 % FDN, 24.69 % FDA y hemicelulosa 6.22 %. Estos resultados son similares a los obtenidos por Angón (2006), quienes reportan de 84.21 a 87.34 % de humedad, así mismo García *et al.* (2008), reportan 85.3 a 86.9 % de humedad, Villar (2011), reporta 85.49 % de MS total. Los autores anteriores reportan de 3.5 a 4.0 % de cenizas similares a los encontrados en este estudio, las cuales también concuerdan con los resultados obtenidos por Villar (2011) y García *et al.* (2008). Para el caso de proteína total, los mismos autores reportan valores menores a 3.6 %, siendo estos menores a los encontrados en este estudio. Villar (2011), reporta de 3.84 % de extracto etéreo y Angón (2006) 0.03 a 0.04 %, los resultados obtenidos en esta investigación son similares a los valores reportados por Villar (2011). Ninguno de los autores consultados reporta fraccionamientos de fibras. García *et al.* (2008) reporta pared celular total (84.5 %). Villar (2011) y Angón (2006), reportan fibra cruda 18.36 % y 4.25 % y no reportan contenidos de hemicelulosa. Las diferencias encontradas en esta investigación y la de los autores antes mencionados pueden atribuirse a que Angón (2006), utilizó fruto de *P. edulis* con semillas, pero sin cáscara, en un estado completamente maduro, proveniente del estado de Chiapas y sometido a congelación. De igual forma Villar (2011), utilizó fruto de *P. edulis*, proveniente del estado de Oaxaca. García *et al.* (2008), analizaron frutos en diferentes estados de madurez, provenientes de Chiapas. Es importante mencionar el origen de las muestras debido a que la composición nutricional se influenció por el tipo de suelo, temporada de

cosecha, condiciones ambientales (temperatura, lluvias, sol, entre otros). Otra posible variación en los resultados es atribuida al tipo y tiempo de procesamiento del fruto antes de realizar los análisis correspondientes (temperatura de secado, cantidades de muestra, recolección y ajustes realizados).

Minerales en el fruto

Los resultados obtenidos fueron: 0.03 % de P, 0.15 % de Ca, 8 ppm de Cu, siendo este último elemento, quien mostró similitud con lo reportado por Villar (2011) y Angón (2006), 2.3 a 8.4 ppm dependiendo del estado de madurez del fruto, dichos autores no reportan contenidos de Ca y P. De acuerdo con el NRC (2001), el maíz contiene 0.30 % P y 0.04 % de Ca. FEDNA (2016), reporta contenidos 0.25 % P y 0.03 % Ca. El fruto de chote presenta menor contenido de P y mayor cantidad de Ca. Las variaciones en los resultados pueden deberse a que el maíz es una planta cultivable, en la cual se realizan labores agronómicas de fertilización, riego y manejo del suelo. En cambio, el arbusto de chote es silvestre y crece en suelos pobres.

Energía total

La energía del fruto de chote es de 3.93 Mcal kg⁻¹ MS, si se compara con la del maíz, el cual fue el ingrediente que se sustituyó en las dietas experimentales para los ovinos y que tiene 4.32 Mcal kg⁻¹ MS (Velásquez *et al.*, 2013), es menor por 0.39 Mcal, lo que representa solo el 9.03 % menos de energía. Las diferencias energéticas pueden deberse a que el maíz es un cereal con el cual tiene un mayor contenido de almidón y el chote es un arbusto con mayor cantidad de fibra.

Fenoles totales

El resultado de los análisis preliminares de metabolitos presentes en el fruto resultó positivo (+) para fenoles totales (Cuadro 3), posteriormente se realizó la cuantificación

por espectrofotometría, y la concentración fue 0.37 %; este valor es similar a lo reportado por González-Gómez *et al.* (2006) para el mismo fruto 0.4 % fenoles totales. Ambos estudios reportan un bajo contenido de fenoles totales y recomiendan utilizar el fruto sin esperar algún efecto negativo en el consumo por los animales. El tipo y contenido de dicho metabolito, está influenciado por el genotipo de la planta (la especie y la variedad), las características ambientales (radiación solar y disponibilidad de agua), la velocidad de crecimiento, la madurez, la condición nutricional del suelo, la depredación y las enfermedades (Romero *et al.*, 2000).

Cuadro 3. Resultados de los análisis preliminares de metabolitos secundarios en el fruto de chote.

Metabolito secundario en el fruto de chote	Resultado positivo (+), negativo (-)
Alcaloides totales	-
Flavonoides totales	-
Fenoles totales	+
Taninos totales	-
Terpenos totales	-
Saponinas totales	-

Azúcares reductores del fruto de chote

Se encontró 24.94 % en total de azúcares reductores, de los cuales se identificaron como: fructosa 8.28 %, glucosa 5.11 % y sacarosa 11.55 %. Lascurain *et al.* (2010), reportan 7 % de azúcares. Villar (2011), reportó 9.46 % de azúcares en muestras de *P. edulis*, ambos estudios presentan valores bajos en comparación con lo encontrado en esta investigación. Dado que el fruto utilizado para este experimento no tiene más antecedentes de análisis realizados para esta variable se decidió compararlo con el grano de maíz. Las tablas de FEDNA (2016), reportan que el maíz tiene 1.7 % de azúcares totales. Es importante conocer el contenido de azúcares de un alimento, pues, al ser integrado en las dietas aporta palatabilidad y energía a estas.

Ácidos grasos de cadena larga (Esteres metílicos de ácidos grasos) del fruto de chote, maíz y sorgo.

El fruto de chote se compara con el maíz y el sorgo por ser ingredientes energéticos. Con base en el contenido de lípidos, los granos contienen alrededor de 5 %, principalmente en el germen. Se ha descubierto que el aceite de origen vegetal, contiene pocos niveles de grasas saturadas, las cuales han sido relacionadas desde el punto de vista epidemiológico con algunas enfermedades cardiovasculares. En el presente estudio se encontró que el fruto del chote tiene mayor concentración de ácidos grasos de cadena larga reportados en este experimento (Cuadro 4) tiene mayor concentración en el fruto de chote que el maíz amarillo y el sorgo excepto el oleico y linoleico que tuvo menos de la mitad que el maíz. Así como los ácidos grasos; palmítico en el fruto del chote, la concentración de los ácidos grasos saturados es mayor, predominando el palmítico y esteárico, a diferencia de lo que se presenta en el grano

de maíz y el sorgo donde la mayor concentración de ácidos grasos está compuesta por insaturados, principalmente oleico y linoleico. Es importante mencionar que el ácido linoleico (omega 3) se considera indispensable en la nutrición humana forma parte de un grupo de compuestos bioactivos que están asociados a los lípidos, varios de los cuales se encuentran en diferentes niveles en los granos (Castro *et al.*, 2018).

Cuadro 4. Ácidos grasos de cadena larga (Esteres metílicos de ácidos grasos) (%) del fruto de chote, maíz y sorgo.

Ácidos grasos	Chote	Maíz	Sorgo
Mirístico	0.0777		
Palmítico	19.8435	13.1845	15.6173
Palmitoleico	0.9138	0.1266	0.4861
Heptadecanoico	0.2558	0.0232	
Esteárico	8.622	1.3925	1.4949
Oleico	28.8355	28.4308	34.8963
Linoleico	25.918	54.5484	43.6632
Araquídico	1.054	0.2038	0.2759
Gama-Linolénico	0.0765		
cis-11-eico senoico	0.12	0.1543	0.2715
Linolénico	11.6267	0.9921	1.4765
cis-12,trans 10 CLA	0.2805		
Behénico	0.214		
Lignocérico		0.0432	
Picos no identificados	2.1619		

1.6 CONCLUSIÓN

Con base en los resultados obtenidos *P. aculeata* presenta un aceptable contenido nutricional para ser utilizado en dietas sin un aparente riesgo para la salud para los animales que la consuma, esto lo hace atractivo para la formulación de dietas ya que se podría sustituir parte de los granos por el fruto de chote .

1.7 LITERATURA CITADA

- Angón Galván P. 2006. Caracterización parcial del fruto *Parmentiera edulis*. Tesis para obtener el grado de licenciatura. Universidad Tecnológica de la Mixteca Huajuapán De León, Oaxaca. 31-41 pp.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18. Edición. Arlington: Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C. 1298 p.
- Canon, J., Li, D., Wood, S.G., Owen, N. L., Gramova, A. y V. Lutsky. 2002. Investigation of secondary metabolites in plants. J. Chem. Ed. 78 (9) 1234-1237.
- Castro P. L. Higuera E. M. Angulo R. A. 2018. El maíz, grano y sustento de México. Universidad Autónoma de Occidente. Salvador Alvarado, Sinaloa, México. 6-12 pp.
- Domínguez, X. A. 1998. Métodos de investigación fotoquímica. Cuarta reimpresión. Ed. Limusa, México. 281 p.
- FEDNA. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2016. Disponible en: <http://www.fundacionfedna.org/node/370> (fecha de consulta 01/02/2019).
- García-Castillo, Martínez-Tinajero, Montañez-Valdez, Sánchez-Orozco, Posada-Cruz, Izaguirre-Flores y Martínez-Priego. 2008. Degradación ruminal de la materia seca del fruto cuajilote (*Parmentiera edulis*). Zootecnia Trop. 26(1): 1-8.
- González-Gómez, Ayala-Burgos y Gutiérrez-Vázquez. 2006. Determinación de fenoles totales y taninos condensados en especies arbóreas con potencial forrajero de la Región de Tierra Caliente Michoacán, México. Livestock Research for Rural Development. 18:11 pp.
- INEGI. Instituto nacional de estadística y geografía. 1990. Hidalgo. Resultados Definitivos, Datos por Localidad (Integración Territorial), XI Censo General de Población y Vivienda. 13-14 pp.
- Jenkins T.C. 2010. Technical note: Common analytical errors yielding inaccurate results during Analysis of fatty acids in feed and digesta samples. J Dairy. American Dairy Science Association. 93:1170-1174. Doi:10.3168/jds.2009-2509.
- Lascurain, M., S. Avendaño, S. del Amo y A. Niembro. 2010. Guía de frutos silvestres comestibles en Veracruz. Fondo Sectorial para la Investigación, el Desarrollo y la Innovación Tecnológica Forestal, Conafor-Conacyt, México. 46 pp.
- Maynard, L. A., J. K. Loosli, H. F. Hintz, and R. G. Warner. 1979. Animal Nutrition (7th Ed.). 48-57 pp.
- Mustafa K.; Mustafa E., Mustafa K. U. and Mehmet A. A. 2003. Comparison of different extraction and detection. Methods for sugars using amino-bonded phase HPLC. J. of Chromatographic Sci. 41: 331-333 pp.

- NRC. National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Small Ruminants. The National Academies Press. Washington, DC. 309 pp.
- Palmquist D. L and Jenkins T. C. 2003. Challenges with fats and fatty acid methods. J. Anim Sci. 81:250-354 pp.
- Patiño Del Ángel, 2014. Obtención de biocombustible a partir de la fruta del árbol de chote. Tesis de ingeniería química. Poza Rica- Tuxpan. 24-26 pp.
- Romero L. C. E., Palma G. J. M. y López J. 2000. Influencia del pastoreo en la concentración de fenoles y taninos condensados en *Gliricidia sepium* en el trópico seco. Livestock Research for Rural Development 4(12):1-9
- Van Soest, J. P., Robertson J., and Lewis B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.
- Villar Herrera S.L. 2011. Evaluación nutrimental del fruto *Parmentiera edulis* para su posible utilización en la industria alimentaria. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro División de Ciencia Animal Departamento de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 16-24 pp.
- Waterman, P.G., S. Mole. 1994. Analysis of Phenolic plant metabolites blackwell Sci. Pub. Oxford. 278 pp.
- Yaman M. and Kaya G. 2005. Speciation of iron (II) by using solvent extraction and flame atomic absorption spectrometry. J. Anal. Chem. Acta.540, 77-81.

CAPÍTULO II. DEGRADABILIDAD *IN VITRO* Y MEDICIÓN DE BIOGÁS *IN VITRO* DEL FRUTO DE CHOTE (*Parmentiera aculeata*) Y DE LAS DIETAS

EXPERIMENTALES

2.1 RESUMEN

Los arbustos forrajeros representan un potencial de estudio, cuando son usados como una fuente de nutrientes en dietas para rumiantes. El uso de árboles forrajeros es conocido desde hace tiempo en algunos lugares y desde hace siglos en América Central. El chote es uno de los arbustos forrajeros, y sus frutos son comúnmente consumidos por personas que lo conocen y, además, le dan usos medicinales. Sin embargo se conoce poco de sus propiedades nutricionales como alimento para rumiantes. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue; determinar la degradabilidad *In vitro* de la MS y materia orgánica, producción de biogás total, metano, bióxido de carbono y gases menores (Nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, sulfhídrico) bajo condiciones *In vitro* tanto del fruto de las dietas formuladas a base de fruto del chote. Los resultados se analizaron con un diseño completamente al azar, con el procedimiento GLM de SAS. La comparación de medias se realizó con una prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). La degradabilidad de la MS a las 48 h de fruto del chote fue de 82.80 %, para la degradabilidad *In vitro* de la MS en los tratamientos fueron de 51.81 %, 49.33 % y 50.11 %, para T0, T15 y T30 respectivamente. La producción de gas total, a las 24 h de incubación fue de 55.50 mL gMS en T0, seguido de T15 49.0 mL gMS y T30 52.25 mL gMS. La producción de CH₄, a las 24 h para T0, T15 y T30 fue de 19.95 %, 19.53 % y 17.42 % respectivamente. La producción de dióxido de carbono, a las 24 h, para T0 es de 75.11 %, en T15 es de 74.69 % y para T30 es de 77.41 %; por último para gases

menores a las 24 h, 5.69 %, 5.79 % y 5.16 % para T0, T15 y T30 respectivamente. Los datos muestran que los niveles incluidos en las dietas experimentales con el fruto del chote, no afecta la degradabilidad de la MS de las mismas y reduce la producción de gas total y metano.

Palabras clave: Chote, degradabilidad *In vitro*, MS, biogás, metano.

2.2 ABSTRACT

Forage bushes represent a study potential, when used as a source of nutrients in ruminant diets. The use of forage trees has long been known in some places and for centuries in Central America. The chote is one of the forage bushes, and its fruits are commonly consumed by people who know it and also give it medicinal uses. However, little is known about its nutritional properties as food for ruminants. Therefore, the objective of this study was; to determine the *In vitro* degradability of DM and organic matter, production of total biogas, methane, carbon dioxide and minor gases (Nitrogen, oxygen, hydrogen, hydrogen sulfide) under *In vitro* conditions of both the fruit of the diets formulated based on the fruit of the chote. The data were analyzed using the GLM procedure and the means comparison with the Tukey test ($P \leq 0.05$). The degradability of the DM at 48 h of fruit of the chote was 82.80 %, for the *In vitro* degradability of the DM in the treatments were 51.81 %, 49.33 % and 50.11 %, for T0, T15 and T30 respectively. The total gas production, at 24 h of incubation was 55.50 mL gMS in T0, followed by T15 49.0 mL gMS and T30 52.25 mL gMS. The production of CH₄, at 24 h for T0, T15 and T30 was 19.95 %, 19.53 % and 17.42 % respectively. Carbon dioxide production, at 24 h, for T0 is 75.11 %, at T15 it is 74.69 % and for T30 it is 77.41 %; finally for gases less than 24 h, 5.69 %, 5.79 % and 5.16 % for T0, T15 and T30 respectively. Data show that the level included in the experimental diets with the fruit of the chote, does not affect the degradability of their DM and reduces the production of total gas and methane.

Keywords: Chote, degradability *In vitro*, DM, biogas, methane.

2.3 INTRODUCCIÓN

Debido a los problemas que ha ocasionado la producción ganadera de manera extensiva como la compactación de suelo, deforestación, contaminación, gases de efecto invernadero y cambio climático, el hombre ha tendido que buscar alternativas donde los recursos sean utilizados de una manera sostenible como son los sistemas agroforestales, donde se combinan árboles o arbustos dentro de estos. Existen subsistemas como los silvopastoriles; esta práctica es conocida por los productores de la región como ramoneo la cual consiste en que los animales recolecten las hojas directamente de los árboles (Trinidad *et al.*, 2007).

El uso de los arbustos forrajeros para alimentar animales es desde hace siglos en algunos lugares como América Central (Benavides, 1995). En otras partes este conocimiento se ha perdido, tal vez, por la falta de transmisión de conocimiento a las demás generaciones o por la técnicas recientes de producción como es el caso del ganado estabulado, en el cual todo el abasto de alimentos se realiza cortando la pastura con maquinaria especializada en potreros de monocultivos de gramíneas, en este sistema los árboles forrajeros no tienen ninguna importancia, por el contrario se consideran un estorbo que impide a la maquinaria cumplir con su función (Robles, 2012).

Estos recursos arbóreos con potencial forrajero tienen la capacidad de crecer y rebrotar durante muchos años, duran mucho tiempo y disminuye poco su calidad en época seca (Murgueitio, 2005). Estos recursos arbóreos, normalmente se desarrollan en suelos con baja fertilidad y también se observa que su material alimentario lo proporcionan tanto en época de lluvia como en época de seca. Altieri (1999) menciona que el uso de estos

recursos arbóreos que brinda la naturaleza al ser utilizado como alimento en animales se obtiene la ventaja de ahorrar costos en la compra de alimentos externos y que en un buen porcentaje, están libres de aditivos alimentarios.

Se han realizado diversas investigaciones acerca de los árboles y arbustos con potencial forrajero, algunas investigaciones se enfocan en los frutos, otras en las semillas y hojas (Gómez *et al.*, 2002). Murgueitio (2002) menciona que se han reconocido casi 1 800 especies de árboles y arbustos con utilidad alimentaria para los animales, las cuales se encuentran distribuidas sobre todo en las regiones tropicales; estas especies pueden ser hierbas, bejuco, arbustos o árboles. Actualmente estos recursos son utilizados como una estrategia para la ganadería, ya que pueden resolver problemas alimentarios en periodos de estiaje y bajar los impactos ecológicos que esta actividad ha provocado.

El chote es un AF, sus frutos son consumidos como alimento por los campesinos, además de tener usos medicinales. Sin embargo, se conoce poco de sus propiedades nutricionales y, prácticamente nada como alimento para animales rumiantes (Ley de Coss *et al.*, 2013). Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue determinar la degradabilidad de la MS, producción de biogás total, metano, bióxido de carbono y gases menores bajo un sistema de fermentación *In vitro* del fruto de chote (*Parmentiera aculeata*) y de dietas experimentales formuladas con diferentes niveles del fruto de chote.

2.4 MATERIALES Y MÉTODOS

2.4.1 Localización

El experimento se llevó a cabo en el laboratorio de Nutrición Animal del Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicado en el km 36.5 de la Carretera México-Texcoco en Montecillo Texcoco, Estado de México. A una altitud de 2240 msnm.

2.4.2 Tratamientos

Se evaluaron tres tratamientos que consistieron T0: Testigo, T15: 15 % de fruto chote y T30:30 % de fruto de chote. Las dietas experimentales se formularon de acuerdo a los requerimientos nutricionales para ovinos en engorda (NRC, 2007). En el Cuadro 5 se muestra la composición de las dietas experimentales.

Cuadro 5. Dietas experimentales y su composición química

Ingredientes	\$ Kg⁻¹	T₀	T₁₅	T₃₀
Maíz molido	5.00	9	1	0
Sorgo molido	4.50	8	1	0
Alfalfa henificada	3.50	30	30	21
Paja de avena	2.50	33	33	27
Pasta de soya	8.42	12	12	14
Melaza	2.05	6	6	6
Minerales	8.00	2	2	2
Fruto de Chote	2.50	0	15	30
Total		100	100	100
Costo \$ kg ⁻¹		3.98	3.64	3.62
Composición química (%)				
MS		88.1	90.1	89.8
Proteína total		14.25	14.26	14.35
Extracto etéreo		1.87	1.24	1.37
FDN		49.11	54.38	53.59
FDA		37.25	42.65	43.45
Cenizas		11.89	9.88	10.22

T₀: 0 % Fruto de chote; T₁₅: 15 % fruto de chote; T₃₀: 30 % Fruto de chote; MS: materia seca; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácida.

2.4.3 Animales

2.4.3.1 para la degradabilidad *In vitro* y producción de gas *In vitro* del fruto.

Se consideró conveniente determinar la degradabilidad *In vitro* de la MS (Theodorou *et al.* 1994) y producción de gas *In vitro* (Fedorak y Hrudey, 1983) del fruto de chote solo a las 3, 6, 9, 12, 24 y 48 h. El líquido ruminal se obtuvo de tres bovinos canulados en rumen con 800 kg \pm 50 kg de peso vivo, alimentados con una dieta de mantenimiento al 12 % de proteína y 2.2 Mcal de energía metabolizable y con libre acceso a agua limpia y fresca.

2.4.3.2 Degradabilidad *In vitro* de la MS, materia orgánica, medición de gas total, CH₄, CO₂ y gases menores del fruto de chote y de las dietas.

El líquido se recolectó de seis ovinos fistulados del rumen con un peso vivo 30 \pm 2 kg, con una edad de 10 \pm 2 meses los cuales fueron adaptados durante 11 días con las dietas experimentales (T0, T15 y T30 %), formuladas a 14 % proteína total y 2.4 Mcal de energía metabolizable. El agua se ofreció a libre acceso. Para el tratamiento de 100 % de chote se utilizó líquido ruminal de los ovinos que consumían la dieta con 30 % de chote, ya que estos animales estaban con el porcentaje más alto del fruto.

2.4.4 Análisis estadístico

Para la degradabilidad *In vitro* y gas *In vitro* del fruto de chote solo, los resultados obtenidos se analizaron con un diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo. Utilizando el paquete estadístico SAS® versión 9.0 (SAS, 2011), con un

procedimiento PROC MIXED, obteniendo ANOVAS y la prueba de Tukey con un ($P \leq 0.05$) (Steel y Torrie, 1992).

2.4.5 Degradabilidad *In vitro* de la MS, materia orgánica, gas *In vitro*, medición de metano, dióxido de carbono y gases menores del fruto de chote y de las dietas experimentales

La degradabilidad *In vitro* de la MS del chote y de las dietas experimentales se determinó mediante la metodología empleada por Fievez *et al.*, (2005) a las 24 y 48 h. Para el cálculo de la degradabilidad *In vitro* de la MS, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{DEGMS (\%)} = \left(\frac{\text{PMS} - (\text{PRS} - \text{PB})}{\text{PMS}} \right) 100$$

Dónde:

DEGMS= Degradabilidad *In vitro* de la materia seca.

PMS= Peso de la muestra seca al inicio de la fermentación.

PRS= Peso residuo seco después de la fermentación.

PB= Peso del blanco.

Para determinar la degradabilidad de la materia orgánica se utilizaron las muestras que provenían de la degradabilidad *In vitro* (24 h), posteriormente las muestras se filtraron con papel Whatman 541, se metieron a la mufla a 550 °C por 6 h para obtener la digestibilidad de la materia orgánica (Shimada *et al.*, 1990). Para el cálculo de la degradabilidad de la materia orgánica, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{DEGMO (\%)} = \left(\frac{\text{MOm} - (\text{MOr} - \text{MOb})}{\text{PMS}} \right) 100$$

Dónde:

DEGMO= Degradabilidad *In vitro* de la materia orgánica.

MOM= Materia orgánica de la muestra al inicio de la fermentación.

MOr= Materia orgánica del residuo.

MOb= Materia orgánica del blanco.

PMS= Peso de la muestra seca.

Para determinar metano, se midió el gas total generado, empleando jeringas de vidrio de 50 mL (GLASS SYRINGE (FOR LAB USE ONLY) ® CAPACITY: 50 mL). El gas se depositó en trampas de hidróxido de potasio (2 N), luego de mezclarlo ligeramente, se volvió a medir el gas presente en el hidróxido de potasio, los datos obtenidos representan la presencia de CO₂, CH₄ y gases menores. Con las siguientes fórmulas se calcularon los porcentajes de dichos gases (Yant y Berger, 1936).

$$\% \text{CO}_2 = \left(\frac{(VT-b)-(VCH_4-b)}{(VT-b)} \right) 100$$

$$\% \text{CH}_4 \text{ y GM} = (100 - \% \text{CO}_2)$$

$$\% \text{CH}_4 = \left(\frac{(VCH_4 + GM-b) * 0.7714}{(VT-b)} \right) 100$$

$$\% \text{GM} = (\% \text{GM} + \text{CH}_4) - (\% \text{CH}_4)$$

Dónde:

VT = Volumen total.

VCH₄ =Volumen de metano.

GM= Gases menores.

b= Blanco.

77.14 % = Factor de recuperación de metano.

2.4.6 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de la degradabilidad *In vitro*, gas total, metano, dióxido de carbono y gases menores se analizaron con un diseño completamente al azar, con el procedimiento GLM de SAS® (2011). La comparación de medias se realizó con una prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) (Steel y Torrie, 1992).

2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 6 muestra la degradabilidad del fruto solo, en el cual se observa que a mayor tiempo transcurrido mayor degradabilidad. A las 48 h se obtuvo 82.8 % de degradabilidad, dicho valor se encuentra en un rango aceptable, tomando en cuenta que los forrajes se consideran de buena calidad cuando tienen valores de 70 % de digestibilidad (Di Marco, 2011). Ley de Coss *et al.* (2013), al determinar la degradabilidad del fruto de chote, mencionan que, a las 24 h de incubación, el fruto alcanza hasta 100 % de degradabilidad, sin alterar las concentraciones de la microbiota del rumen y el pH. En este experimento la degradabilidad a las 24 h fue de 74.93 % valor menor a lo mencionado anteriormente, probablemente dichas diferencias se deban al estado de madurez, sitio de recolección y especie utilizada.

Cuadro 6. Valores de degradabilidad *In vitro* (%) en el fruto de chote.

Tratamiento	Tiempo (h)					
	3	6	9	12	24	48
Fruto chote	56.80 ^a	58.63 ^a	60.70 ^b	65.33 ^c	74.93 ^d	82.8 ^e
EEM	0.1843	0.7482	0.7482	0.5169	0.5169	0.5169

a, b, c, d, e Medias con distinta literal en la fila indican diferencias (Tukey, $P \leq 0.05$); EEM: error estándar de la media.

En el Cuadro 7 se presentan los resultados de producción de gas del fruto de chote, en el cual se observan diferencias estadísticas, debido a que dicha producción está relacionada con la degradación de la MS, por lo tanto, si se presenta una mayor degradación mayor será el volumen de gas producido, lo cual concuerda con lo

mencionado por Theodorou *et al.* (1994), quien afirma que el volumen de gas producido durante el proceso fermentativo es un indicativo de la degradación del alimento.

Cuadro 7. Resultados de gas *In vitro* (mL gMS) en el fruto de chote.

Tratamientos	Tiempo (h)					
	3	6	9	12	24	48
Fruto chote	26.62 ^a	56.83 ^b	72.47 ^c	85.66 ^d	118.93 ^e	132.0 ^f
EEM	0.3929	0.3929	0.0777	0.2653	0.2653	0.2653

a, b, c, d, e, f Medias con distinta literal en la fila indican diferencias (Tukey, $P \leq 0.05$); EEM: error estándar de la media.

Velásquez *et al.* (2013) al determinar el efecto del procesamiento del grano de maíz sobre la cinética de degradación y fermentación de la MS *In vitro*, encontraron que el maíz finamente molido (parecido al utilizado en este experimento) a las 6 h tiene una producción de gas de 13.83 mL gMS, siendo mayor el resultado de producción de gas del fruto de chote a la misma hora (56.83 mL gMS). La producción de gas a las 12 h del fruto del chote fue mayor a comparación de la del maíz (85.66 mL gMS vs. 76.63 mL gMS). Para las 24 y 48 h la producción de gas fue mayor en el maíz (206.43 mL gMS y 453.60 mL gMS) que en la del fruto (118.93 mL gMS y 132 mL gMS). Dicho comportamiento podría ser explicado a las 6 y 12 h por la cantidad de azúcares solubles presentes en el fruto que tienen una fermentación rápida comparado con lo sucedido a las 24 y 48 h, debido a la presencia de celulosa y hemicelulosa (asociada a la lignina) por ser considerados carbohidratos de difícil digestión (Oetzel, 2003).

Los resultados de la degradabilidad *In vitro* de la MS se presentan en el Cuadro 8, en el cual T0 presenta una degradabilidad similar a T30 (51.81 % vs 50.11 %, respectivamente). El T15 presentó la menor degradabilidad (49.33 %), siendo similar a la de T30 (51.81 %). Los resultados antes mencionados no son variables, debido a que en los tratamientos la inclusión de chote fue sustituida gradualmente de acuerdo a las características nutricionales que presenta el maíz.

Para las 48 h, no se encontraron diferencias estadísticas, T30 fue la mayor degradabilidad (56.22 %), seguida de T15 (55.54 %) y finalmente T0 (53.21 %). Este comportamiento se puede explicar posiblemente por el contenido de carbohidratos contenidos en la dieta, lo cual permitió que T0 fuera superado por T15 y T30, debido a que en T0 se utilizan granos, en los cuales, los carbohidratos de fácil fermentación desaparecen a las 24 h.

En el caso de degradabilidad *In vitro* de la materia orgánica a las 24 h, todos los tratamientos son diferentes, siendo T15 el de mayor degradabilidad (90.11 %), seguido de T30 (89.77%) y T0 (88.13 %) fue la menor degradabilidad.

Cuadro 8. Resultados de degradabilidad *In vitro* de la MS y materia orgánica del fruto y de los tratamientos (%).

Tratamientos	DEGMS		DEGMO
	Tiempo (h)		
	24	48	24
T0	51.81 ^{ab}	53.21 ^a	88.13 ^a
T15	49.33 ^c	55.54 ^a	90.11 ^b
T30	50.11 ^{cb}	56.22 ^{ab}	89.77 ^c
T100	53.19 ^a	61.75 ^b	94.09 ^d
EEM	2.77	4.73	0.0000065

a, b, c, d Medias con distinta literal en la columna indican diferencias (Tukey, $P \leq 0.05$); DEGMS: degradabilidad *In vitro* de la materia seca; DEGMO: degradabilidad *In vitro* de la materia orgánica; T₀: 0% Fruto de chote; T₁₅: 15% Fruto de chote; T₃₀: 30% Fruto de chote; T₁₀₀: 100% Fruto de chote; EEM: error estándar de la media.

González-García *et al.* (2017), al evaluar la digestión ruminal e intestinal del maíz y sorgo encontraron que la degradabilidad de la materia orgánica del maíz es de 98.16 % a las 24 h, siendo parecido al valor que se reporta para el fruto de chote a la misma hora. Para el sorgo el valor reportado es de 98.07 % siendo valores parecidos igualmente a lo reportado para el fruto de chote. La poca diferencia en los resultados posiblemente se deba a que el chote al ser recolectado del suelo, pueda llevar consigo residuos de lodo y/o tierra, lo que se reflejaría en un mayor contenido de cenizas y menor contenido de materia orgánica.

Los datos de gases totales, CH₄, CO₂ y gases menores, se muestran en el Cuadro 9, en donde T0 fue quien presentó la mayor producción de gas total (55.50 mL gMS),

parecido a la producción que presentó T30 (52.25 mL gMS), seguido de T15 (49.0 mL gMS) quien tiene menor producción a las 24 h. La producción de gas está dada por la cantidad de fibra contenida en las dietas, por lo tanto, a las 48 h T0 (71.50 mL gMS) presenta los valores más altos, seguidos de T30 (71.0 mL gMS), teniendo valores similares; T15 (66.68 mL gMS) presentó el porcentaje más bajo.

Para la producción de CH₄ a las 24 h no se encontraron diferencias estadísticas, para T0, T15 y T30 (19.95 %, 19.53 % y 17.42 % respectivamente). Estos datos se deben probablemente a los metabolitos secundarios (fenoles) presentes en el fruto de chote, los cuales tienen efecto sobre las bacterias metanogénicas. A las 48 h la producción de CH₄ presentó diferencias, T0 vs T15 y T30 (13.66 % vs 17.26 y 17.06 % respectivamente). Estos valores difieren debido a que T0 tiene mayor contenido de granos, los cuales son una alternativa para la disminución de CH₄, como se mencionó anteriormente este efecto podría ser resultado de los metabolitos secundarios (fenoles) que tiene el fruto de chote en el caso de T15 y T30.

Cuadro 9. Resultados de gases totales, CH₄, CO₂ y gases menores de la degradabilidad *In vitro* del chote y de las dietas experimentales

Tratamientos	GT (mL gMS)		CH ₄ (%)		CO ₂ (%)		GM (%)	
	Horas							
	24	48	24	48	24	48	24	48
T0	55.50 ^a	71.50 ^a	19.95 ^a	13.66 ^a	75.11 ^a	82.29 ^a	5.69	4.05
T15	49.00 ^b	66.68 ^b	19.53 ^a	17.26 ^b	74.69 ^a	77.62 ^b	5.79	5.12
T30	52.25 ^a	71.00 ^a	17.42 ^{ab}	17.06 ^b	77.41 ^b	77.89 ^b	5.16	3.81
T100	50.08 ^{ab}	97.60 ^c	15.98 ^b	12.57 ^a	79.29 ^b	83.70 ^a	4.75	3.55
EEM	0.85	1.528	1.90	0.00343	0.57	1.90	0.57	1.60

a, b, c Medias con distinta literal en la columna indican diferencias (Tukey, P≤0.05); GT: gas total; CH₄: metano; CO₂: dióxido de carbono; GM: gases menores; T₀: 0% Fruto de chote; T₁₅: 15% Fruto de chote; T₃₀: 30% Fruto de chote; T₁₀₀: 100% Fruto de chote; EEM: error estándar de la media.

Cobos *et al.* (2018), al evaluar la producción de metano *In vitro* del grano de maíz a las 24 h, encontraron producciones de 12.50 %, resultado menor a los encontrados para todos los tratamientos de este experimento. A las 48 h los resultados fueron menores en esta investigación a los reportados por las investigaciones antes mencionadas (33.58 %). Las dietas basadas en forrajes de baja calidad, tienden a mantener un pH cercano a 7 (básico), menor digestibilidad y están asociados a una mayor producción de CH₄ (Moss y Givens, 2002; Vargas *et al.*, 2012). Mientras que dietas que garanticen contenidos medios o altos de carbohidratos solubles, generalmente disminuyen la producción de CH₄, siempre y cuando el consumo sea lo suficientemente alto para causar una disminución del pH en rumen.

Hernández *et al.* (2017), al evaluar el efecto de plantas con metabolitos secundarios encontraron que no es necesario que los animales consuman gran cantidad de dichas sustancias para responder de manera positiva en la reducción de producción de CH₄. Tal es el caso de *C. Bipinnatus* que a pesar de tener un contenido bajo de fenoles totales mostró una respuesta positiva.

La producción de CO₂ a las 24 h presentó diferencias estadísticas, siendo T30 (77.41 %) quien presentó mayor producción, en comparación con T0 y T15 (75.11 % y 74.69 %). A las 48 h T0 (82.29 %) quien tienen mayor producción de CO₂ en comparación con T15 y T30 (77.62 % y 77.89 %). Este comportamiento podría ser explicado por el contenido de carbohidratos estructurales contenidos en T30, los cuales en diferente medida son fermentados por bacterias celulolíticas, debido a que estas bacterias fermentan las hexosas y generan productos de excreción como AGV's y algunos gases (CO₂, H₂ y CH₄). En este caso el CO₂ y CH₄ representan pérdidas energéticas irreversibles, aunque ciertas especies son capaces de reducir CO₂ a CH₄ a partir de H₂ generado en exceso durante procesos de fermentación anaerobia (Cao *et al.*, 2012).

Los GM no presentan diferencias, debido a que dichos gases se producen de manera constante sin alterar sus proporciones por la dieta ingerida.

2.6 CONCLUSIÓN

Los datos muestran que los niveles incluidos en las dietas experimentales con el fruto de chote, no afecta la degradabilidad de la MS de las mismas y reduce la producción de gas total y metano. Ofrece una alternativa forrajera durante la época de estiaje en zonas tropicales.

2.7 LITERATURA CITADA

- Altieri M. A. 1999. Agroecológica Bases Científicas para una agricultura Sustentable. 1ª Edición. Ed. Nordan Comunidad. 109 p.
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18 Edición. Arlington: Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C. 1298 p.
- Benavides J. Hernández S. 1995. Potencial forrajero de especies leñosas de los bosques secundarios en el Petén Guatemala. Proyecto OLAFO. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE. No. 6 Agroforestería en las Américas pp. 33-34.
- Cao, Z., X. Di Liao, J. B. Liang, Y. B. Wu, and B. Yu. 2012. Diversity of methanogens in the hindgut of grower and finisher pigs. *Afr. J. Biotechnol.* 11: 4949-4955
- Cobos M. A., Curzaynz K. R., Rivas M. I., Santillán E.A., Bárcena J. R. 2018. Efecto *In vitro* de dietas para corderos suplementadas con granos secos de estilería en la fermentación ruminal y emisiones de gases. *Agroproductividad*: 11(2): 52-56.
- Fedorak, P. M., and Hruday S. E., 1983. A simple apparatus for measuring gas production by methanogenic cultures in serum bottles. *Envir. Technol. Lett.* 4:425-432.
- Fievez V., Babayemi O.J., Demeyer D. 2005. Estimation of direct and indirect gas production in syringes: A tool to estimate short chain fatty acid production that requires minimal laboratory facilities. *Animal Feed Science and Technology*: 197-210.
- Gómez M. Rodríguez L. Murgueito E. Ríos C. Méndez M. Molina C. Molina E. Molina J. 2002. Árboles y arbustos utilizados en la alimentación animal como fuente proteica. 3ra Edición. Ed. Centro de investigación en sistemas sostenibles de la producción agropecuaria. Colombia. 171p.
- González García L. Corona Gochi J.G. Estrada Flores D.K. Abarca Amesquita y M. González Ronquillo. 2017. Digestión ruminal e intestinal del maíz (*Zea mays*) y sorgo (*sorghum bicolor* l. moench) utilizando diferentes técnicas de digestibilidad (*In vivo*, *In vitro* e *In sacco*). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20: 183 – 194.
- Hernández P. G. E. Castelán O. O. A. Áviles N. F. Palma G. J. M. 2017. Efecto de *pithecellobium dulce*, *tajetes erecta* y *cosmos bipinnatus* sobre la emisión de metano y la producción de leche del ganado bovino. Tesis de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos naturales pp. 56-59.
- Ley de Coss A., De León de León W., Marroquín Agreda Fco. J., Lerma Molina J.N., Posada Cruz S., Cobos Peralta M. A. 2013. Nivel de cuajilote (*Parmentiera edulis*) en un medio de cultivo para protozoarios ciliados del rumen. Memoria III Congreso Internacional de Microbiología Pecuaria IV Congreso Nacional y XIV Congreso Estudiantil de Microbiología Pecuaria. pp 2-7.

- Moss, A., and D. Givens. 2002. The effect of supplementing grass silage with soya bean meal on digestibility, *in sacco* degradability, rumen fermentation and methane production in sheep. *Anim. Feed Sci. Technol.* 97:127-143.
- Murgueitio E. 2005. Silvopastoral systems in the Neotropics. En Mosquera MR, J. McAdam, y A. Rigueiro-Rodriguez (Eds) *International Silvopastoral and Sustainable Land Management*. CAB. Lugo, España. pp. 24-29.
- Murgueitio E. Gómez M. Rodríguez L. Ríos C. Méndez M. Molina C. Molina E. Molina J. 2002. Árboles y arbustos utilizados en la alimentación animal como fuente proteica. 3ra Edición. Ed. Centro de investigación en sistemas sostenibles de la producción agropecuaria. Colombia. 171 pp.
- NRC. National Research Council. 2007. *Nutrient Requirements of Small Ruminants*. The National Academies Press. Washington, DC. pp. 800.
- Oetzel GR, 2003. Preconvention Seminar 7: Dairy Herd Problem Investigation Strategies. American association of bovine practitioners. 36th Annual Conference, Columbus, OH. 36.46.
- Di Marco Oscar. 2011. Estimación de calidad de los forrajes. Sitio argentino de producción animal. *Producir XXI*, Bs. As., 20(240):24-30.
- Robles Fonseca L. G. 2012. Identificación de los árboles que existen en los potreros destinados a la producción animal y su caracterización para usos alimentarios en el municipio de Teopisca, Chiapas. Tesis de Licenciatura en desarrollo sustentable. 104 pp.
- SAS. *Statistical Analysis System*, 2011. *SAS User's Guide: Statics*, version 9.0. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
- Shimada S. A., Llamas L.G., Castellanos R. A. 1990. Manual de técnicas de investigación en rumiología. Patronato de apoyo a la investigación y experimentación pecuaria en México. 36 p.
- Steel, R. G. D., y Torrie J. H. 1992. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. Segunda edición. McGraw-Hill. México, D.F. 622 p.
- Theodorou MK, Williams BA, Dhanoa MS, Mcallan AB, France JA. 1994. Simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*. 48(3-4): 185-97.
- Trinidad Alemán.; Bruce Ferguson.; José Toral.; René Pinto.; Manuel Parra.; Mohammed Ibrahim.; Heriberto Gómez.; Ivonne Carmona.; Guillermo Jiménez.; Francisco Medina.; Jairo Mora.; Berlan Martínez.; Juan López; Adalberto Hernández.; David Hernández. 2007. "Ganadería, desarrollo y ambiente: una visión para Chiapas". 1ª Edición. Ed. Fray Bartolomé de las Casas, Chiapas. México. 100 pp.

- Velásquez V. R. R Noguera R. Posada O. S. 2013. Procesamiento del grano de maíz sobre la cinética de degradación de la materia seca *In vitro*. Rev. MVZ Córdoba 18(3):3877-3885. ISSN: 0122-0268.
- Yant W.F and Berger L.B. 1936. Sampling of Mine Gasses and the Use of the Bureau of Mines Portable Orsat Apparatus in Their Analysis Miner's. Cire No. 34. U.S. Bur. Mines. Washington D.C. 95 p.
- Vargas, J., E. Cárdenas, M. Pabón, y J. Carulla. 2012. Emisión de metano entérico en rumiantes en pastoreo. Arch. Zootec. 61:51-66.

CAPÍTULO III.- DEGRADABILIDAD *IN SITU* DE LAS DIETAS ELABORADAS CON Y SIN FRUTO DEL CHOTE EN OVINOS

3.1 RESUMEN

Durante el periodo de sequía, existe la disponibilidad de frutos de chote (*Parmentiera edulis* DC), los cuales son ávidamente consumidos por bovinos que pastorean libremente. No obstante, se desconoce cuál es el valor nutricional y la disponibilidad ruminal de la MS de este fruto en diferentes estados de madurez, al que también se le atribuyen propiedades medicinales. El objetivo de este trabajo fue conocer el potencial que tiene el fruto de chote para ser integrado en dietas para ovinos e identificar características ruminales. Se utilizaron 6 ovinos fistulados de rumen, con un peso vivo de 30 ± 2 kg, las cuales fueron adaptadas durante 11 días a las dietas experimentales (T0: 0 % fruto de chote, T 15: 15 % de fruto de chote y T 30: 30 % de fruto de chote). Se midió la degradabilidad *In situ* del fruto de chote y de las dietas experimentales, degradabilidad de FDN y FDA, pH, N-NH₃ y concentración AGV's. Los resultados obtenidos de la degradabilidad *In situ* de las dietas y del fruto de chote en los ovinos, se analizaron con un diseño cruzado (crossover) 3 X 3. Los resultados muestran que a las 3 y 6 h, los tratamientos se comportan de manera similar, siendo T30 presenta mayor degradabilidad. Finalmente, a las 24, 48 y 72 h, ningún tratamiento presenta diferencias estadísticas. Como era de esperarse la degradabilidad de la MS, FDN y FDA, incrementan gradualmente conforme transcurren las horas de incubación, el pH no presentó diferencias estadísticas, de igual forma pasó con el N-NH₃. Para el caso de los AGVs, el ácido acético, propiónico y butírico, presentan diferencias estadísticas, siendo T15 (acético=77.81 mM L⁻¹ , propiónico=14.39 mM L⁻¹, butírico=0.67 mM L⁻¹) y T30

(acético=77.21 mM L⁻¹, propiónico=18.52 mM L⁻¹, butírico=8.97 mM L⁻¹), presentan mayor producción en comparación con T0 (acético=62.03 mM L⁻¹, propiónico=18.52 mM L⁻¹, butírico=9.27 mM L⁻¹). Adicionar chote en dietas para ovinos hasta en un 30 %, incrementa la degradabilidad, sin alterar las variables ruminales.

Palabras clave: Ácidos grasos volátiles, degradabilidad, pH, chote, nitrógeno amoniacal.

3.2 ABSTRACT

During the dry period, there are availability of the chote fruits (*Parmentiera edulis* DC), which are eagerly consumed by cattle that graze freely. However, it is unknown what the nutritional value is and ruminal availability of the DM of this fruit in different stages of maturity, which are also, attributed medicinal properties. The objective of this work was to know the potential of the chote fruit to be integrated into diets for sheep and identify ruminal characteristics. 6 rumen fistulated sheep were used, with a live weight of 30 ± 2 kg, which were adapted for 11 days to experimental diets (T0: 0 % of the chote fruit, T 15: 15 % of the chote fruit and T 30 : 30% of chote fruit). *In situ* degradability of chote fruit and experimental diets, degradability of NDF and ADF, pH, N-NH₃ and concentration of VFAs was measured. The results obtained from the *In situ* degradability of diets and the fruit of chote in sheep, were analyzed with a 3 x 3 crossover design. The results show that at 3 and 6 h, treatments behave in a similar manner, being T30 the one that presents greater degradability. Finally, at 24, 48 and 72 h, no treatment has statistical differences. As expected the degradability of the DM, NDF and ADF, gradually increase as the incubation hours pass, the pH did not show statistical differences, nor did the N-NH₃. In the case of VFAs, acetic acid, propionic and butyric acid have statistical differences, T15 (acetic = 77.81 mM L⁻¹, propionic = 14.39 mM L⁻¹, butyric = 0.67 mM L⁻¹) and T30 (acetic = 77.21 mM L⁻¹, propionic = 18.52 mM L⁻¹, butyric = 8.97 mM L⁻¹), have higher production compared to T0 (acetic = 62.03 mM L⁻¹, propionic = 18.52 mM L⁻¹, butyric = 9.27 mM L⁻¹). Adding chote in diets for sheep up to 30 %, increases degradability, without altering the ruminal variables.

Keywords: Volatile fatty acids, degradability, pH, Chote, ammoniacal nitrogen.

3.3 INTRODUCCIÓN

Durante la época de estiaje se reducen los niveles de producción de carne y leche (Gómez *et al.*, 2002), y también, hay una escases de alimentos como granos y forrajes que obligan a buscar fuentes alternativas de alimentación para rumiantes en pastoreo. Durante este periodo de sequía, existe la disponibilidad de frutos de cuajilote (*Parmentiera edulis* DC), los cuales son ávidamente consumidos por bovinos que pastorean libremente (Jiménez, 1989). No obstante, se desconoce cuál es el valor nutricional y la disponibilidad ruminal de la MS de este fruto en diferentes estados de madurez, al que también se le atribuyen propiedades medicinales (INEGI, 1992).

Sin embargo, aún es necesario llevar a cabo investigaciones relacionadas con el reconocimiento, evaluación y selección de especies potencialmente productivas en las diferentes áreas ganaderas de México, que lleven a conocer la capacidad forrajera de estas especies y la posibilidad de su integración a los sistemas pecuarios a través de prácticas silvopastoriles (Camacho *et al.*, 1999; Palma, 2005).

De esta manera, determinar el papel que ejerce este fruto en el ambiente y cinética ruminal de los animales que los consumen es importante para realizar suplementación estratégica con el fruto de cuajilote (García-Castillo, 1997); Sin embargo, es primordial estimar primero, la disponibilidad ruminal MS de este fruto, así como determinar variables de la cinética ruminal como pH, nitrógeno amoniacal y ácidos grasos volátiles. Estos aspectos permitirán inferir cual es la degradabilidad efectiva de la MS a nivel ruminal (Singh *et al.*, 1989), buscando integrarlo como una fuente alimenticia para animales en pastoreo. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue conocer el potencial

que tiene el fruto de chote para ser integrado en dietas para ovinos e identificar características ruminales.

3.4 MATERIALES Y MÉTODOS

3.4.1 Localización

El experimento se llevó a cabo en la granja experimental de ganadería y en el laboratorio de Nutrición Animal del Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Ganadería del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo, ubicado en el km 36.5 de la Carretera México-Texcoco en Montecillo Texcoco, Estado de México. A una altitud de 2240 msnm.

3.4.2 Análisis de laboratorio

Las muestras se molieron en un molino (Thomas Willey, USA) a malla de 1 mm y se realizó análisis proximal utilizando la metodología del AOAC (2005), fraccionamiento de la FDN y FDA se determinaron por la técnica de Van Soest *et al.* (1991).

3.4.3 Tratamientos y composición de las dietas para ovinos

Los tratamientos son T0: 0 % de chote, T15: 15 % de chote y T30: 30 % de chote. Estos tratamientos se formularon de acuerdo a los requerimientos nutricionales para ovinos en engorda (NRC, 2007). Las dietas experimentales se muestran en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Dietas experimentales y su composición química (%).

Ingredientes	\$ Kg⁻¹	T₀	T₁₅	T₃₀
Maíz molido	5.00	9	1	0
Sorgo molido	4.50	8	1	0
Alfalfa Henificada	3.50	30	30	21
Paja de avena	2.50	33	33	27
Pasta de soya	8.42	12	12	14
Melaza	2.05	6	6	6
Minerales	8.00	2	2	2
Fruto de chote	2.50	0	15	30
Total		100	100	100
Costo (\$) kg⁻¹		3.98	3.64	3.62

T₀: 0 % Fruto de chote; T₁₅: 15 % Fruto de chote; T₃₀: 30 % Fruto de chote; T₁₀₀: 100 % Fruto de chote.

3.4.4 Degradabilidad *In situ* del fruto de chote y de las dietas experimentales en ovinos.

Se utilizaron 6 ovinos fistulados de rumen, con un peso vivo de 30 ± 2 kg, con una edad de 10 ± 2 meses aproximadamente establecidas en corrales individuales, las cuales fueron adaptadas durante 11 días a las dietas experimentales (T₀, T₁₅ Y T₃₀) el alimento se ofreció dos veces al día (8:00 y 16:00 horas) y agua a libre acceso, el manejo de los animales fue bajo reglamento NOM-062. Las muestras se molieron en un molino de martillos (Molinos Azteca y Juper S.A. de C.V., No de serie 025878) con una criba de 1 cm. A las bolsas de poliseda de 5 x 5 cm y de 60 µm del tamaño de poro se les

agregaron 0.5 g de muestra. Las bolsas se cerraron con una selladora (Impulse sealer, Type: AIE-2000, American Int´nl electric), En el día 12, las bolsas se introdujeron en una red de tela y se incubaron a 0, 3, 6, 9, 12, 24, 48 y 72 h. Después las bolsas se retiraron, se lavaron con agua corriente, se secaron, pesaron y almacenaron para análisis posteriores, de degradabilidad de la FDN y FDA (Mehrez *et al.*, 1977).

3.4.5 Degradabilidad de FDN y FDA de las dietas y del fruto de chote en ovinos.

Se realizó utilizando las submuestras de las bolsas anteriores, correspondientes a la degradabilidad *In situ* en borregas. La técnica que se utilizó fue la de Mehrez *et al.* (1977).

3.4.6 Variables ruminales

3.4.6.1 pH

El líquido ruminal se colectó a las 3 horas postprandial, al día 16. El líquido ruminal se midió con un potenciómetro portátil (HANNA Instrments®, pHep Tester®, Pocket pH Tester). Se acidificó con ácido metafosfórico al 25 % en una relación 1:4 mL de líquido ruminal y se congeló a 4° C.

3.4.6.2 Nitrógeno amoniacal (N-NH₃)

El N-NH₃ se determinó por la técnica de McCullough (1967); se colocó 1 mL de fenol, 20 µL de la muestra y 1 mL de hipoclorito de sodio, se incubaron en baño maría a 37° C, por 30 minutos y se agregó 5 mL de agua destilada. La curva estándar se preparó a concentraciones de 2.5, 5, 10, 15 y 20 mg / dL, se utilizaron blancos que contenían 1 mL de fenol, 1 mL de hipoclorito de sodio y 5 mL de agua destilada. Para medir la

concentración de nitrógeno amoniacal se usó un espectrofotómetro VARIAN Cary 1E a una longitud de onda de 630 nm.

3.4.6.3 Concentración de ácidos grasos volátiles (AGV's) de cadena corta.

Los análisis de AGVs se realizaron en un cromatógrafo de gases HP 6890 con un detector de ionización de flama y con una columna capilar HP- FFAP 19091F Agilent Technologies, Inc. con dimensiones 30 m x diámetro interno de 0.250 mm x recubrimiento de 0.25 micras (González *et al.*, 2009).

Estándar: FAM6C, 1000 µg/ mL H₂O Marca: High purity standars. Condiciones del cromatógrafo de gases para analizar ácidos grasos volátiles (Cuadro 11).

Cuadro 11. Condiciones del cromatógrafo de gases para analizar ácidos grasos volátiles

Características del detector:		Características del inyector:	
Makeup (ON): 14.0 mL/min		Temperatura: 230°C	
Temperatura: 240°C		Presión: 12.0 psi	
Inyector: Split		Split: 10.0	
Tiempo Total de corrida: 9.94 min			
Rampa de temperatura del horno:			
	Velocidad °C/min	Temperatura °C	Tiempo (min)
Rampa 1	65	95	0.15
Rampa 2	15	145	6.0

3.4.7 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de la degradabilidad *In situ* de las dietas y del fruto de chote en los ovinos. Se analizaron con un diseño cruzado (crossover) 3 X 3. Los datos se analizaron con el procedimiento GLM de SAS® (2011). Se realizó una prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) (Steel y Torrie, 1992).

3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis químico proximal tanto de los ingredientes como de las dietas integradas (Cuadro 12), proporciona una idea general de la cantidad de nutrientes que éstas aportaran a los animales, teniendo en cuenta además la etapa de producción. Flores (1994), menciona que es importante conocer la composición química de los alimentos porque permite su utilización de forma racional, con lo que se pueden evitar deficiencias o exceso de nutrimentos.

Cuadro 12. Análisis proximal (%) del chote y de las dietas para ovinos.

Muestra	MS	H	C	PT	EE	FDN	FDA	HE
Fruto								
chote	88.11	11.89	6.37	8.09	0.68	45.95	38.79	7.15
Maíz	90.15	9.85	1.15	7.7	3.37	26.63	14.3	12.32
Sorgo	91.18	8.82	1.34	8.1	2.22	37.65	25.05	12.59
Alfalfa	92.28	7.72	11.2	18.8	0.9	57.15	48.75	8.4
P.								
Soya	90.29	9.71	6.52	44.8	0.95	52.63	42.45	10.18
P. Avena	95.28	4.72	5.46	5.12	2.01	69.37	45.68	23.69
T₀	88.1	11.89	9.4	14.25	1.87	49.11	37.25	11.86
T₁₅	90.1	9.88	10.1	14.26	1.24	54.38	42.65	11.72
T₃₀	89.8	10.22	8.8	14.35	1.37	53.59	43.45	10.13

MS: Materia seca; H: Humedad; C: Cenizas; PT: Proteína total; EE: Extracto etéreo; FDN: Fibra detergente neutro; FDA: Fibra detergente ácido; HE: Hemicelulosa; T0: 0 % Fruto de chote; T15: 15 % Fruto de chote; T30: 30 % Fruto de chote.

En el AOAC (2002), mencionan que el análisis químico de los alimentos comprende métodos de análisis básicos que permiten identificar la cantidad de nutrimentos que componen a un alimento, como son humedad, cenizas, proteína y grasa. La práctica de estos métodos varía según el alimento a analizar.

En el Cuadro 13 en los resultados de la degradabilidad de la MS, a las 3 y 6 h, los tratamientos se comportan de manera similar, siendo T30 presenta mayor degradabilidad (43.765 y 49.875 %), seguido de T15 (40.62 y 48.41 %), T0 se comporta de manera similar a T15 teniendo los valores más bajos (37.2117 y 45.44 %). Para las 9 h T0 y T15 son estadísticamente iguales (51.9867 y 54.72 % respectivamente), el valor más alto fue para T30 (59.1233 %), presentando diferencias respecto a los valores anteriores. A las 12 h, T30 y T15 no presentan diferencias estadísticas (62.7617 y 61.2567 %, respectivamente), T0 presenta diferencias siendo el valor más bajo (56.2567 %). Finalmente, a las 24, 48 y 72 h, ningún tratamiento presenta diferencias estadísticas, encontrando valores de 70 a 79 %. Las diferencias en las primeras horas se deben a la cantidad de carbohidratos de fácil fermentación presentes en diferentes concentraciones en los tratamientos, a partir de las 24 h, solo se mantiene la fermentación de la fibra, por lo tanto, este comportamiento se refleja en no encontrar diferencias estadísticas a partir de este horario hasta las 72 h.

Moctezuma *et al.* (1993), determinaron la digestibilidad *In vivo* del chote en dietas integrales para ovinos que contenían 0, 15 y 30 % de chote, encontrando digestibilidades de 82.30, 82.92 y 87.77 %, respectivamente, concluyendo que el chote integrado hasta en un 30 % en la dieta mejora la digestibilidad de la misma. Los

resultados mencionados anteriormente son similares a los encontrados en esta investigación debido a que se utilizaron los mismos niveles de inclusión de chote.

Cuadro 13. Degradabilidad *In situ* (%) de la MS de las dietas experimentales en ovinos.

Tratamientos	Tiempo (h)							
	0	3	6	9	12	24	48	72
T0	0 ^a	37.21 ^a	45.44 ^a	51.99 ^a	56.26 ^a	72.48 ^a	77.53 ^a	78.93 ^a
T15	0 ^a	40.62 ^{ab}	48.41 ^{ab}	54.72 ^a	61.26 ^b	70.93 ^a	74.37 ^a	79.23 ^a
T30	0 ^a	43.77 ^b	49.88 ^b	59.12 ^b	62.76 ^b	71.77 ^a	76.21 ^a	79.04 ^a
EEM	0	0.55	0.79	1.789	1.72	1.79	1.26	1.79

^{a, b} Medias con distinta literal en la columna indican diferencias (Tukey, $P \leq 0.05$); T0: 0% Fruto de chote; T15: 15% Fruto de chote; T30: 30% Fruto de chote; EEM: error estándar de la media.

La degradabilidad de la fibra a la hora 3 y 6 no presenta diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 14). A la hora 9 los tratamientos que presentan diferencias estadísticas son T0 (40.61 %) y T30 (46.30 %), T15 es similar a los tratamientos anteriores (42.05 %), en este horario se puede apreciar el efecto de la inclusión del chote a las dietas, en el cual T0 es el valor bajo, T15 es intermedio y T30 alto, mostrando el mismo efecto en los valores de degradabilidad. Esto se debe probablemente a que, si se incrementan los niveles de chote, se están incrementando los niveles de azúcares, los cuales hacen que se incremente la degradabilidad. En las siguientes horas (12, 24, 48 y 72), no se encontraron diferencias obteniendo valores

que van de 45 a 72 % de degradabilidad. Como se sabe, la digestibilidad ruminal del material vegetal está relacionada con la proporción de pared celular (Norton, 1994).

Al respecto, Pinto-Ruíz *et al.* (2010), al evaluar árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, encontraron que para la región Frontera (grupo en el que se encuentra *P. edulis*) existe una relación lineal entre los contenidos de FDN de las especies estudiadas (-0.783, $p < 0.007$), en las cuales, si se incrementan la fibra, disminuye la degradabilidad.

Como era de esperarse la degradabilidad de la MS, FDN y FDA del fruto de chote,

Cuadro 14. Degradabilidad de la FDN (%) de las dietas experimentales en los ovinos.

Tratamientos	Tiempo (h)							
	0	3	6	9	12	24	48	72
T0	0	26.84	35.17	40.61 ^a	45.51	59.77	65.66	71.60
T15	0	26.53	36.61	42.05 ^{ab}	49.92	58.68	67.06	70.12
T30	0	27.27	33.82	46.30 ^b	47.85	60.60	68.48	72.75
EEM	0	2.6574	1.011	2.46	2.05	0.6432	2.73	1.51

^{a, b} Medias con distinta literal en la columna indican diferencias (Tukey, $P \leq 0.05$); T0: 0% Fruto de chote; T15: 15% Fruto de chote; T30: 30% Fruto de chote; EEM: error estándar de la media.

incrementan gradualmente conforme transcurren las horas de incubación (Cuadro 15), obteniendo valores similares a las 3, 6 y 9 h para MS (50.11, 55.11 y 62.77 %, respectivamente), posteriormente a la hora 12 los valores son similares a la hora anterior (69.76 %), después, las siguientes horas (24, 48 y 72), se mantienen sin presentar diferencias (79.47, 80.79 y 81.18 %, respectivamente). Un comportamiento similar es el que sucede con FDN y FDA obteniendo valores que van de 12 a 87 % de degradabilidad y de 11 a 64 %, respectivamente. Dicha degradación presenta este

comportamiento debido a que en las primeras horas se degradan los carbohidratos de fácil fermentación y posteriormente se degradan los carbohidratos estructurales, haciendo que, a partir de las 24 horas, se mantenga un cambio constante hasta las 72 horas.

García-Castillo *et al.* (2008) evaluaron la degradación ruminal de la MS del fruto cuajilote (*Parmentiera edulis*) en tres estados de madurez incubados a 0, 4, 8, 12, 24, 36, 48 y 72 h encontraron que la desaparición de la MS (DISMS, %) de los chilillos fue dos veces mayor ($P < 0,001$) que la de los verdes, aunque menor que la digestibilidad de la MS del fruto maduro. El tipo de MS fluctuó ($P < 0,001$) dependiendo del estado de madurez, mostrando que la MS soluble y MS degradable fueron más elevadas en el fruto maduro, seguido de los chilillos que en los verdes (14.6 y 7.3 vs 1.5 %, así como de 29.3, 25.2 vs. 15.7%, respectivamente). Aunque en esta investigación solo se evaluó dicho fruto en estado maduro los resultados obtenidos son superiores a los reportados por los autores antes mencionados.

Van Soest (1982) menciona que la digestibilidad de la MS de los frutos es una variable que está determinada por diversos factores como la cantidad y tipo de alimento consumido, el animal fistulado que sirve como modelo animal, los períodos de incubación ruminal, las características de la bolsa de nylon utilizada y las características físico-químicas del fruto evaluado.

Reyes (2003); y Ramírez (2004) mencionan que, en comparación a otros forrajes como pastos introducidos en la región tropical, la MS del fruto cuajilote es de reducida disponibilidad a nivel ruminal.

Cuadro 15. Degradabilidad *In situ* de la MS, de FDN y FDA (%) del fruto de chote de los ovinos.

Tiempo (h)	MS	FDN	FDA
0	0	0	0
3	50.11 ^a	12.71 ^a	11.66 ^a
6	55.11 ^{ab}	21.77 ^b	16.70 ^{1a}
9	62.77 ^{bc}	26.14 ^b	18.10 ^a
12	69.76 ^c	27.23 ^b	26.13 ^b
24	79.47 ^d	65.68 ^c	61.78 ^c
48	80.79 ^d	85.69 ^d	63.15 ^c
72	81.18 ^d	87.14 ^d	64.31 ^c
EEM	2.5156	2.9656	2.1331

^{a, b} Medias con distinta literal en la columna indican diferencias (Tukey, P≤0.05); MS: materia seca; FDN: fibra detergente neutro; FDA: fibra detergente ácida EEM: error estándar de la media.,

En el

Cuadro 16, se observa que el pH, no presenta diferencias estadísticas debido a que, al sustituir maíz por chote en la dieta, no altera los parámetros ruminales ni las poblaciones de microorganismos, de igual forma el N-NH₃, no presenta diferencia lo que quiere decir que este es un indicativo de que las dietas están siendo aprovechadas sin importar que se incremente el % de chote y se disminuya la cantidad de granos (sorgo y maíz).

Lana *et al.* (1998) reportaron que una disminución en el pH ruminal de 6.5 a 5.7, reduce las concentraciones de N-NH₃ cuando el inóculo ruminal fue obtenido de bovinos alimentados con una dieta a base de forraje (100 %), mientras que con inóculo de

bovinos alimentados con 90 % de concentrado, la concentración de N-NH₃ fue menos afectada, a pesar del bajo pH. Estos resultados indican que la degradación de la proteína, es afectada por el pH y el tipo de dieta, los cuales pueden determinar el tipo de población microbiana presente en el rumen.

Adicionalmente, la concentración normal de N-NH₃ en el rumen varía de 5 a 25 mg dL⁻¹ de líquido ruminal (Cheeke, 2004), como lo reportado por Satter y Slyter (1974) donde la eficiencia microbiana máxima ocurre cuando la concentración de N-NH₃ ruminal se encuentra entre 5 y 8 mg dL⁻¹.

Para el caso de los AGV's, el ácido acético, propiónico y butírico, presentan diferencias estadísticas, siendo T15 (acético=77.81 mM L⁻¹, propiónico= 14.39 mM L⁻¹, butírico=0.67 mM L⁻¹) y T30 (acético=77.21 mM L⁻¹, propiónico=18.52 mM L⁻¹, butírico=8.97 mM L⁻¹), presentan mayor producción en comparación con T0 (acético=62.03 mM L⁻¹, propiónico=18.52 mM L⁻¹, butírico=9.27 mM L⁻¹). Dichas diferencias en la producción de ácido acético podrían deberse a la forma en que se suministra la ración, de forraje sin picar o en grandes trozos, la variación dependerá del tipo de forraje, el estado de madurez, la fertilización de la tierra en que creció (Balch y Rowlan, 1957; Bath y Rook, 1965). Armstrong (1960), menciona que el ácido propiónico varía entre 15 y 19 % cuando la cantidad de concentrado adicionada al animal es elevada y su composición es a base de granos con alto contenido de almidón, especialmente si han sido tratados previamente con calor (Bath y Rook, 1965). De igual forma menciona que el butírico tiene variaciones más amplias de 8 a 16 % (en base a molaridad).

En el tratamiento T30, presentan diferencias estadísticas, el isobutírico e isovalérico (0.77 mM L⁻¹ y 0.73 mM L⁻¹), quien tiene mayor producción. En los tratamientos T0 (isobutírico=0.67 mM L⁻¹, isovalérico=0.60 mM L⁻¹) y T15 (isobutírico=0.64 mM L⁻¹, isovalérico=0.55 mM L⁻¹) el isobutírico e isovalérico son iguales.

El ácido valérico en los tratamientos T0 (0.98 mM L⁻¹) y T30 (1.27 mM L⁻¹), presentan diferencias. El tratamiento T15 (1.10 mM L⁻¹) es similar a los tratamientos T0 y T30.

Cuadro 16. Variables ruminales de las dietas experimentales de los ovinos

Tratamientos				
Variables	T0	T15	T30	EEM
pH	6.3 ^a	6.64 ^a	6.4 ^a	0.57
N-NH3 (mg				
dL⁻¹)	22.395 ^a	17.49 ^a	19.28 ^a	0.2143
	AGV's (mM L⁻¹)			
Acético	62.03 ^a	77.81 ^b	77.21 ^b	5.86
Propiónico	14.39 ^a	18.52 ^b	18.52 ^b	0.77
Isobutírico	0.67 ^a	0.64 ^a	0.77 ^b	0.03
Butírico	7.33 ^a	8.97 ^b	9.27 ^b	3.66
Isovalérico	0.60 ^a	0.55 ^a	0.73 ^b	0.04
Valérico	0.98 ^a	1.10 ^{ab}	1.27 ^b	0.07
A:P	4.31	4.20	4.17	

^{a, b} Medias con distinta literal en la fila indican diferencias (Tukey, P≤0.05); T₀: 0% Fruto de chote ; T₁₅: 15% Fruto de chote ; T₃₀: 30% Fruto de chote ; EEM: error estándar de la media.

3.6 CONCLUSIÓN

Adicionar chote en dietas para ovinos hasta en un 30 %, incrementa la digestibilidad, sin alterar las variables ruminales.

3.7 LITERATURA CITADA

- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis. 18. Edición. Arlington: Association of Official Analytical Chemists. Washington, D. C. 1298 p.
- Armstrong D. G. 1960. Colorimetric determination of the net energy value of dried S-23 ryegrass at four stages of growth. Proc 8 th Intl. Grassland Congr. P. 485.
- Balch C.C. and Rowlan S. J. 1957. Volatile fatty acids and lactic acid in the rumen of cows receiving a variety of diets. Brit. J. Nutr. 11. 288-293.
- Bath I. H. and Rook A. F. 1965. The evaluation of the cattle foods and diets in terms of the ruminal concentration of volatile fatty acids. II. Roughages and succulents. J. Agr. 64. 67-75.
- Camacho D, Nahed J, Ochoa S, Jiménez G, Soto L, Grande D, Pérez-Gil F, Carmona J, Aguilar C. 1999. Traditional knowledge and fodder potential of the genus *Buddleia* in the Highlands of Chiapas, Mexico. Animal Feed Science and Technology 80(2): 123-134.
- Cheeke, P. R. 2004. Applied Animal Nutrition, Feeds and Feeding. 3rd edition. New Jersey, Prentice Hall. 70p.
- Flores Menéndez. (1994). Bromatología animal. 29, 440-453.
- García-Castillo C.G. 1997. Características ruminales, balance de nitrógeno y digestibilidad *In vivo* de borregos suplementados con hojas de arbustos nativos del noreste de México. Reporte de Investigación. 2ª Residencia Anual de la Investigación Científica. Academia de la Investigación Científica, A.C. y CONACYT. Monterrey, N.L. México. Pp 96.
- García-Castillo, Martínez-Tinajero, Montañez-Valdez, Sánchez-Orozco, Posada-Cruz, Izaguirre-Flores y Martínez-Priego. 2008. Degradación ruminal de la materia seca del fruto cuajilote (*Parmentiera edulis*). Zootecnia Trop. 26(1): 1-8.
- Gómez C.H., M.A. Tewolde y J.T. Nahed. 2002. Análisis de los sistemas ganaderos de doble propósito en el centro de Chiapas, México. Arch. Latinoam. Prod. Anim., 10(3): 175-183.
- González E., Gabriel., Roeckel von B., Marlene, Sanhueza M., Verónica, Vargas A., Daniela y Aspé L., E. 2009. Medición de ácidos grasos volátiles mediante la degradación anaerobia de un vertido salino. Departamento de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, Universidad de Concepción, Chile. 5 p.
- INEGI. 1992. El sector alimentario en México. Mexico, D.F.
- Jiménez M.A. 1989. La producción de forrajes en México. Auch-Fira/Banco de México. pp 229.

- Lana, R. P., J. B. Russell, and M. E. Van Amburgh. 1998. "The role of pH in regulating ruminal methane and ammonia Production". J. Anim. Sci., No. 76. pp. 2190-2196.
- Mc Cullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by a direct colorimetric method. Clin. Chem. 17: 297-304.
- Mehrez, A. Z. and E. R. Orskov. 1977. A study of artificial bag technical for determining the digestibility of feed in the rumen. J. Agric. Sci. Camb. 88:645-650 pp.
- Moctezuma S., A., Lerma D., E. C., Martínez D., R., Salinas Ch., J y Yado P, R. 1993. Digestibilidad *In vivo* de dietas integrales con distintos niveles de inclusión de fruto de chote (*Parmentiera edulis*) para ovinos. Reunión nacional de investigación pecuaria. Jalisco, México. 27-30 pp.
- Norton BW. 1994. The nutritive value of tree legumes. In: Forage Tree Legumes in Tropical Agriculture. C. Gutteridge and H. Shelton (eds). CAB international, UK. pp. 177-192
- NRC. National Research Council. 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh. Subcommittee on Beef Cattle Nutrition, Committee on Animal Nutrition, National Research Council. 249 p.
- NRC. National Research Council. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminants. The National Academies Press. Washington, DC. 800 p.
- Ørskov EF, Hovwell D, Mould F. 1980. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuff. Trop. Animal Production 5: 195.
- Palma JM. 2005. Los sistemas silvopastoriles en el trópico seco mexicano. Arch. Latinoam. Prod. Anim. Vol. 14 (3): 95-104.
- Pinto-Ruiz, Hernández D, Gómez H, Cobos MA, Quiroga R, Pezo D. 2010. Árboles forrajeros de tres regiones ganaderas de Chiapas, México: Usos y características nutricionales. Universidad y Ciencia Trópico Húmedo. 26(1):19-31 pp.
- Ramírez M.G. 2004. Proporción de materia seca degradable en rumen del zacate Bermuda (*Cynodon dactylon*). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas. Universidad Autónoma de Chiapas. Huehuetán, Chiapas, México. 499 p.
- Reyes M.R. 2003. Degradación ruminal de la materia seca del zacate Insurgente (*Brachiaria brizantha*) colectado en época de lluvias en una región cálida húmeda. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma de Chiapas. Huehuetán, Chiapas, México. 503 p.
- SAS. Statal Analysis System, 2011. SAS User's Guide: Statics, version 9.0. SAS Institute, Inc., Cary, NC

- Satter, L. D. and L. L. Slyter. 1974. Effect of Ammonia Concentration on Rumen Microbial Protein Production *In Vitro*. British Journal Nutrition, No. 32. 199-208pp.
- Singh B.H., P.S. Makkar y S.S. Negi. 1989. Rate and extend of digestion and potentially digestible dry matter and cell wall of various trees leaves. J. Dairy Sci., 72: 3233-3239.
- Steel, R. G. D., y Torrie J. H. 1992. Bioestadística: Principios y Procedimientos. Segunda edición. McGraw-Hill. México, D.F. 622 p.
- Van Soest, J. P., Robertson J., and Lewis B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. J. Dairy Sci. 74:3583-3597.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

CONCLUSIONES

El fruto del chote, presenta un gran potencial para su uso en dietas para rumiantes, debido a su disponibilidad en época de estiaje con un porcentaje de inclusión del 30 %, sustituyendo al maíz sin alterar las variables ruminales.

RECOMENDACIONES

Se recomienda:

Evaluar niveles de inclusión más altos

Realizar pruebas de comportamiento animal y evaluar la calidad de la carne.

Ofrecer el fruto en fresco y ensilado.