

**PRODUCTIVIDAD DE TRES SISTEMAS DE
PASTOREO DE CABRAS EN LACTACIÓN EN
YUCATÁN**

TESIS:

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OBTENER EL
GRADO DE**

MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

POR:

Médico Veterinario y Zootecnista

Mónica Andrea Cardozo Herrán

Asesores:

Dr. Armín Ayala Burgos

Dr. Carlos Aguilar Pérez

Mérida, Yucatán, México, Septiembre de 2016

Declaración:

“El presente trabajo no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de título o grado diferente o adicional al actual. La tesis es resultado de las investigaciones del autor, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas. El autor otorga su consentimiento a la UADY para la reproducción del documento con el fin del intercambio bibliotecario siempre y cuando se indique la fuente”.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar expreso mi gratitud con Dios y la Virgen, por cuidarme y permitirme culminar mis estudios de maestría, adquiriendo nuevos saberes importantes para mi vida profesional y permitiéndome conocer muchas personas valiosas.

Quiero dar gracias especiales a mis padres: Patrocinio Cardozo y Olga Lucia Herrán y a mi hermano: Daniel Alejandro Cardozo Herrán, por creer en mí y ser mi fuente de apoyo constante e incondicional, me siento bendecida por tenerlos como mi familia.

Agradezco sinceramente a mis asesores de tesis: Dr. Armín Ayala y Dr. Carlos Aguilar, por su esfuerzo, dedicación, paciencia y motivación, han sido fundamentales para mi formación como investigadora. También agradezco a mis tutores: Dr. Ramón Cámara y Dr. Arturo Castellanos, porque con sus conocimientos, rigor académico y orientación, me han permitido terminar en tiempo y forma este trabajo de tesis.

A la Dra. Olga Rubio, a Samuel y al Dr. Francisco: gracias por toda la ayuda y colaboración en esta ciudad son como una familia para mí y estaré infinitamente agradecida con ustedes.

Doy gracias también al M.P.O.T. Rafael Torres, por su ayuda y compañía desinteresada durante estos dos años: hiciste más grata mi estadía en la hermosa Mérida.

A mis compañeros de maestría especialmente aquellos con los que logré hacer una linda amistad: Pepe, Freddy, Juanjo, Cáceres, Paul ya tienen un espacio en mi corazón. Igualmente gracias a las personas me acompañaron durante estos dos años: María, Aleja Abby, Assma, Juan Escobedo y familia ha sido un placer conocerlos.

A Don Renán y Doña Yoli, son como mi familia yucateca me he sentido como en mi hogar. Al equipo de trabajo del Rancho San Juan en Cansahcab, especialmente a la Sra. Arínda, Miguel, Ana y Pablo: Gracias por su colaboración y amistad.

***PORQUE GRACIAS A USTEDES ESTOY AQUÍ:
DEDICO ESTE TRABAJO DE TESIS A MI FAMILIA.***

***MAMI, DADDY Y NANO:
ESTE LOGRO ES DE TODOS, LOS AMO.***

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar la productividad de tres sistemas de pastoreo: sistema silvopastoril intensivo (SSPi), sistema de monocultivo de gramínea (SM) y sistema de vegetación nativa (SVN); en términos de disponibilidad y composición forrajera, producción y composición de la leche y algunos indicadores económicos en un rancho caprino de Yucatán. Para esto se emplearon 24 cabras de 41.7 kg (± 3.8) entre 2.5 y 3 años, en el último tercio de lactación; bajo un diseño al azar con tres tratamientos: SSPi con asociación de *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala*, en 9,990m² y carga animal (CA) de 5.5 UA/ha (1UA= 76.5 kg); SM con *Pennisetum purpureum*, en un área de 3,222m² y CA de 16.7 UA/ha y SVN con vegetación heterogénea, en 60,000m² y CA de 0.9 UA/ha. Se midieron: disponibilidad y composición química del forraje; producción y composición de la leche de cabra, concentración de urea en suero, condición corporal, peso vivo, costos variables, utilidad bruta y rentabilidad en cada sistema. La producción de leche por animal no fue diferente ($P < 0.05$), sin embargo la leche de las cabras en el SVN y el SSPi tuvo mayores porcentajes de proteína, grasa, lactosa, minerales y sólidos totales respecto al SM ($P < 0.0001$). La disponibilidad forrajera por área fue menor para el SVN, no obstante su composición química fue de mayor calidad respecto al SSPi y SM, presentando una dieta baja en fibra, alta en proteína cruda y taninos condensados, que aparentemente permitieron regular el nitrógeno ruminal; resultando en una concentración de urea en suero significativamente menor para el SVN ($P < 0.001$), en comparación a los otros dos sistemas. Todos los sistemas de pastoreo fueron rentables, pero la utilidad bruta/ha/mes fue menor en el SVN. En conclusión, aun cuando la producción de leche por animal fue similar en los tres sistemas, el SM y el SSPi tuvieron una mayor productividad por área que el SVN, reflejando la intensificación que confieren ambos sistemas en términos de disponibilidad forrajera, producción de leche y utilidad por área de terreno; por su parte, el SVN aportó forraje con mayor diversidad y calidad, que permitió a las cabras de este sistema producir leche con mejor contenido de sólidos, comparado con el SM.

PALABRAS CLAVE:

Leche de cabra, sistema silvopastoril, monocultivo de gramíneas, vegetación nativa, trópico

SUMMARY

The aim of this thesis was to evaluate the productivity of three grazing systems: an intensive silvopastoral system (ISPS), a grass monoculture system (MS) and a native vegetation system (NVS); in terms of availability and forage composition, production and milk composition and some economic indicators in a farm with lactating goats in Yucatan. For this purpose 24 goats of 41.7 kg (\pm 3.8) liveweight, between 2.5 and 3 years, in the last third of lactation were used, under a randomized design with three treatments: ISPS with association of *Panicum maximum* and *Leucaena leucocephala* in an area of 9,990 m² and stocking rate (SR) of 5.5 AU/ha; MS with *Pennisetum purpureum*, in an area of 3,222 m² and SR of 16.7 AU/ha; and NVS with heterogeneous vegetation in an area of 60,000 m² and SR of 0.9 AU/ha. The following variables: availability and chemical composition of the forage; production and composition of goat milk; serum urea level; body condition, liveweight and variable costs, gross margin and profitability in each system, were measured. Milk production per animal did not differ, ($P > 0.05$) however milk quality in NVS and ISPS was improved with higher contents of fat, protein, lactose, minerals and total solids compared to MS ($P < 0.0001$). The NVS had lower availability of forage per area, but with higher quality compared with the ISPS and MS; offering a diet low in fiber and high in crude protein and condensed tannins, which apparently regulated the ruminal nitrogen, consequently lower concentration of urea in serum from goats in NVS, was found ($P < 0.001$). All grazing systems were profitable, but gross margin per ha per month was lower in the NVS. In conclusion, even with similar milk production per animal between systems, MS and the ISPS, had higher productivity per ha than NVS, showing the intensification offered in both systems in terms of forage availability, milk production and gross margin income per area. NVS had the highest forage diversity and quality that allowing goats to produce milk with a better quality compared to MS.

KEYWORDS:

Goat milk, silvopastoral system, grass monoculture, native vegetation, tropic.

ÍNDICE GENERAL

Introducción	1
Revisión de literatura	3
1. Situación actual de la caprinocultura	3
1.1. La caprinocultura en el mundo	3
1.2. Producción caprina en México	5
1.3. Producción caprina en Yucatán	6
2. Características y composición de la leche de cabra	8
2.1. Carbohidratos	9
2.2. Lípidos	9
2.3. Proteínas	10
2.4. Minerales y vitaminas	10
2.5. Relación de la composición de la leche con la cantidad y tipo de forraje consumido	10
3. Sistemas de Pastoreo	11
3.1. Los sistemas silvopastoriles	11
3.1.1. La <i>Leucaena leucocephala</i> en los sistemas silvopastoriles intensivos	12
3.1.2. Los sistemas silvopastoriles y la producción caprina	13
3.2. El sistema de monocultivo de gramíneas	13
3.2.1. El <i>Pennisetum purpureum</i> en el sistema de monocultivo de gramíneas	14
3.3. El sistema de vegetación nativa	14
3.3.1. El sistema de vegetación nativa y la caprinocultura en Yucatán	14
4. Productividad y rentabilidad en los sistemas de producción caprina.....	15
Objetivo general	17
Objetivos específicos	17
Hipótesis	17

Lista de referencias	18
Artículo científico: Productividad de tres sistemas de pastoreo de cabras en lactación en el trópico de México	26
1. Resumen y palabras clave	27
2. Introducción	27
3. Materiales y métodos	29
3.1. Localización	29
3.2. Tratamientos y diseño experimental	29
3.3. Animales y suplementación	30
3.4. Peso y condición corporal	31
3.5. Disponibilidad y composición química del forraje	31
3.6. Producción y composición de la leche	33
3.7. Urea en sangre	33
3.8. Evaluación económica	34
3.9. Análisis estadístico	34
4. Resultados	35
4.1. Peso vivo y condición corporal	35
4.2. Selección de las plantas consumidas en el sistema de vegetación nativa	35
4.3. Disponibilidad forrajera	37
4.4. Composición química del forraje	37
4.5. Producción y composición de la leche, urea en suero	38
4.6. Evaluación económica	39
5. Discusión y conclusión.....	40
6. Agradecimientos	42
7. Referencias	42
Conclusión general de la tesis	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fluctuación de la población caprina mundial en diez años	3
Figura 2. Distribución de la población caprina para el año 2014	3
Figura 3. Distribución de la producción de leche de cabra en los continentes para el año 2013	4
Figura 4. Fluctuación del inventario caprino en México en diez años.	5
Figura 5. Variación de la producción de leche de cabra en México en diez años	5
Figura 6. Porcentaje del consumo realizado por las cabras en el sistema de vegetación nativa según el tipo de planta	36

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición de la leche de cabra en tres sistemas de producción en Mérida, Yucatán	7
Tabla 2. Composición de nutrientes básicos en la leche de cabra, oveja, vaca y humano	8
Tabla 3. Composición química en base seca del suplemento suministrado a las cabras	31
Tabla 4. Peso vivo y condición corporal de las cabras en cada uno de los tratamientos.	35
Tabla 5. Plantas consumidas por las cabras en el sistema de vegetación nativa	36
Tabla 6. Disponibilidad forrajera en los tres sistemas de pastoreo.	36
Tabla 7. Composición química en base seca de los forrajes en los tres sistemas de pastoreo.	37
Tabla 8. Producción, composición de la leche y niveles de urea en suero de las cabras en los tres sistemas de pastoreo	38
Tabla 9. Ingresos, costos y algunos indicadores económicos de los tres sistemas de pastoreo de cabras en lactación.	39

INTRODUCCIÓN

La importancia de las cabras alrededor del mundo ha sido subvalorada. Estos animales se han considerado de “bajo estatus” y poco productivos; sin embargo, gran parte de la leche de cabra y sus derivados, se produce en los continentes con mayor número de habitantes, donde alimentan probablemente a más personas con deficiencias nutricionales en el mundo, en comparación con la leche de otros rumiantes domésticos (Haenlein, 2004). De igual manera, se ha documentado su utilidad en padecimientos gastrointestinales, alergias a la leche de vaca y problemas de desnutrición, especialmente en niños y personas de edad avanzada (Devendra, 1987; Sanz et al., 2007). En los últimos años, las consecuencias del cambio climático han propiciado un creciente interés por la caprinocultura entre productores agropecuarios e investigadores, debido a que las cabras, por sus características anatómicas y fisiológicas, se adaptan mejor que otras especies de rumiantes a condiciones ambientales adversas y a fuentes forrajeras nativas difíciles de aprovechar (Assan, 2014; Silanikove y Koluman, 2015; Capote, 2016).

En México, la producción caprina es una actividad secundaria, desarrollada con mayor auge en la región centro–norte del país, con un manejo extensivo y poco tecnificado, donde la principal fuente de alimentación es el agostadero (Cámara, 2000; Aréchiga et al., 2008). Por su parte, la mayoría de las cabras en Yucatán, se manejan con un modelo tradicional semi-intensivo, pastoreando la vegetación nativa de la región entre cuatro a siete horas diarias, con una disponibilidad de forraje muy variable durante el año (Ríos y Riley, 1985; Cámara, 2000; Torres et al., 2000). No obstante esta vegetación presenta gran diversidad de especies, principalmente arbustivas, con alto potencial forrajero (Flores et al., 2006) y las cabras pueden consumirlas con mayor eficiencia gracias al ramoneo (Hofmann, 1989; Lamy et al., 2011).

Aunque la mayor parte de las cabras y sus productos se desarrollan en los agostaderos y la vegetación nativa del país, algunos caprinocultores han adoptado sistemas de pastoreo como el monocultivo de gramíneas (Gutiérrez, 2014; Salinas, 2014) y los sistemas silvopastoriles (Torres, 2013a; Torres, 2013b; Beltrán y Loredó, 2014) con el propósito de intensificar la producción. En el sistema de monocultivo, los pastos implementados usualmente presentan

una alta oferta de forraje por área cultivada, pero su aporte nutricional es de baja calidad, requiriendo manejos como riegos, podas, fertilización además de suplementación nutricional a los animales, para que la productividad se mantenga constante (Nava et al, 2013). Aunado a esto, la biodiversidad y el ecosistema se ven afectados con este tipo de prácticas, debido a que el establecimiento de las gramíneas, implica por lo general la tala de bosques y desplazamiento de la vegetación nativa (Améndola et al., 2016). En torno a esta situación, se ha promovido recientemente la reconversión de los monocultivos hacia sistemas silvopastoriles, los cuales consisten en asociaciones de gramíneas, con plantas leguminosas arbustivas y/o arbóreas de carácter forrajero (López et al., 2015). Entre las leguminosas utilizadas, la *Leucaena leucocephala* ha tenido una alta aceptabilidad en las regiones tropicales, destacándose por su capacidad de rebrote, mejora de la calidad de los suelos, fijación de nitrógeno, elevada palatabilidad, entre otras cualidades (Murgueito y Solorio, 2008). Esta planta ha sido ampliamente utilizada en los llamados sistemas silvopastoriles intensivos, los cuales consisten en la asociación de gramíneas mejoradas y leguminosas a altas densidades (más de 10,000 plantas por ha.), con el propósito de alcanzar mayores rendimientos de biomasa, que permitan una mayor carga animal y un incremento de la ingesta de proteína para mejorar la productividad del sistema (Bacab et al., 2013).

Adicionalmente, la contribución económica de la producción de leche de cabra en los sistemas de pastoreo mencionados, ha sido poco estudiada; teniendo escasa información sobre el rendimiento animal y de forraje, así como la rentabilidad y el margen de utilidad en estos sistemas (Escareño et al., 2012), aun cuando cada uno requiere diferentes manejos e insumos. Dentro de este marco, el estudio de la productividad de los sistemas de vegetación nativa, monocultivo de gramíneas y silvopastoril intensivo con cabras en lactación es de gran importancia, pues los antecedentes sobre estos en México y en Yucatán son limitados. Por lo anterior, el objetivo de esta tesis fue evaluar la productividad de tres sistemas de pastoreo, en términos de disponibilidad y composición del forraje, producción y composición de la leche y algunos indicadores económicos en un rancho caprino de Yucatán.

REVISIÓN DE LITERATURA

1. Situación actual de la caprinocultura.

1.1. La caprinocultura en el mundo:

La población caprina mundial ha tenido un crecimiento constante, actualmente existen cerca de mil millones de cabras en el mundo (Figura 1); donde, la mayoría se encuentra en los continentes de África y Asia (94.1%) (Figura 2).

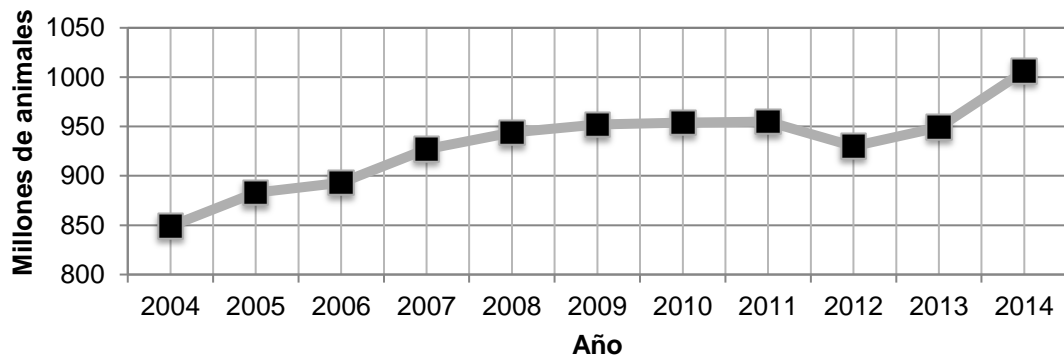


Figura 1. Fluctuación de la población caprina mundial en diez años (FAOSTAT, 2016)

De igual manera, la producción de leche de cabra ha venido aumentando, pasando de 14,357 toneladas por año en 2003 a 17,958 toneladas por año para el 2013 (FAOSTAT, 2016). En Europa, se produce el 14.1% de la leche fresca del mundo con tan solo 1.9% del inventario, mientras que en Asia y África se produce el 59.3% y el 23.3% de la leche fresca mundial respectivamente, con casi el 90% de las cabras (Figura 3).

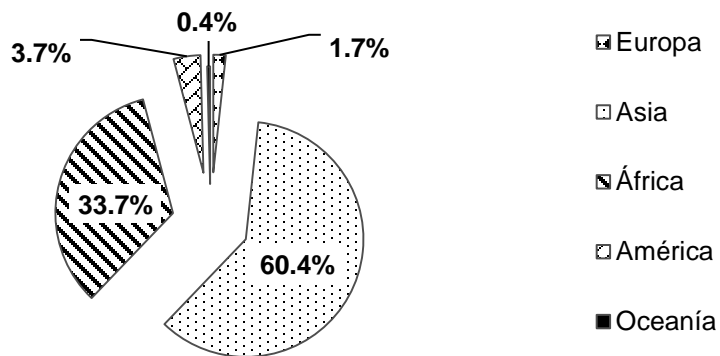


Figura 2. Distribución de la población caprina para el año 2014 (FAOSTAT, 2016)

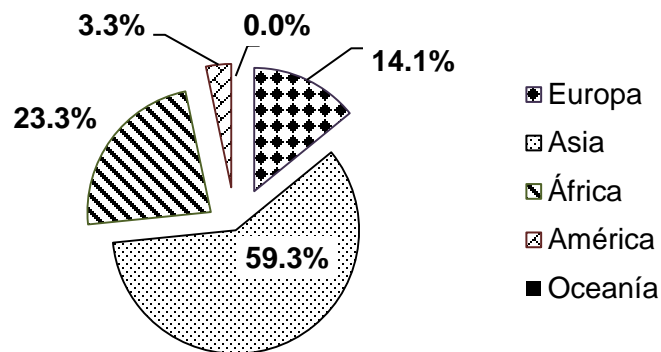


Figura 3. Distribución de la producción de leche de cabra en los continentes para el año 2013 (FAOSTAT, 2016)

Estos datos aunados a la opinión de otros investigadores, justifican la importancia que los caprinos proveen alrededor del mundo con sus productos y servicios (Haenlein, 2001; Haenlein, 2004; Silanikove et al., 2010; Silanikove y Koluman, 2015; Capote, 2016); pues en primer lugar, más del 90% de las cabras están en los dos continentes con mayor población humana (África y Asia), siendo probable que más personas en el mundo tomen leche de cabra que la de cualquier otro mamífero. La tenencia de los caprinos en mayor proporción, se da por pequeños productores y personas de escasos recursos, cumpliendo un papel fundamental en la nutrición, pues proveen alimentos de alta calidad en condiciones ambientales adversas, a niños y personas con deficiencias nutricionales (Haenlein, 2004; Silanikove y Koluman, 2015)

En segundo lugar, hay un interés creciente en la producción y consumo de productos de la industria láctea, elaborados con la leche de cabra; especialmente quesos y yogur. El mercado de estos productos llama la atención de muchos productores, pues son catalogados como un alimento gourmet recibiendo altos precios en el mercado (Haenlein, 2004; Dubeuf, 2005; Silanikove et al., 2010). Finalmente, la demanda de la leche de cabra y sus derivados, por personas y niños que padecen deficiencias nutricionales, alergias a la leche de vaca y dolencias gastrointestinales viene en aumento; sin embargo, es una tendencia que ha crecido especialmente en los países desarrollados (Haenlein, 2004; Silanikove et al., 2010), pues las cabras y sus productos, aún conservan un “bajo estatus” y son rechazados por personas que no conocen los beneficios que estos pueden proporcionarles.

1.2. Producción Caprina en México:

A diferencia del panorama mundial, en México el inventario caprino no ha mantenido un crecimiento regular (Figura 4.).

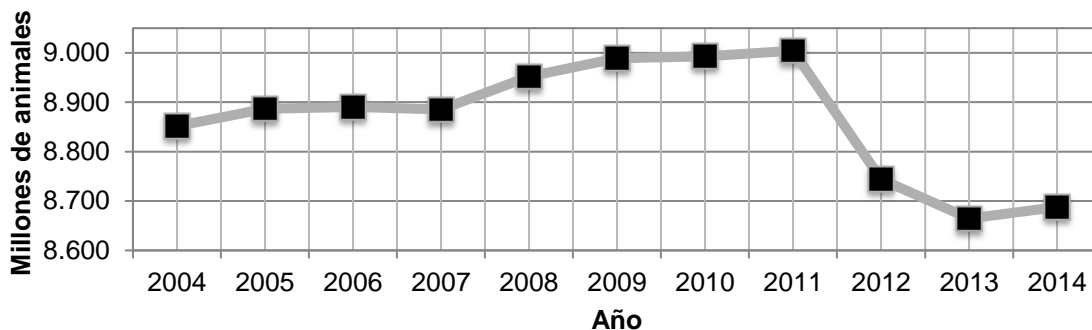


Figura 4. Fluctuación del inventario caprino en México en diez años. (FAOSTAT, 2016)

De las 32 entidades federativas que tiene el país, Oaxaca, Puebla y Guerrero encabezan la lista de los estados con mayor número de caprinos (SIAP, 2016), concentrando cerca del 36% del inventario. Por su parte, la producción de leche ha mostrado en los últimos años una importante tendencia a la baja (Figura 5).

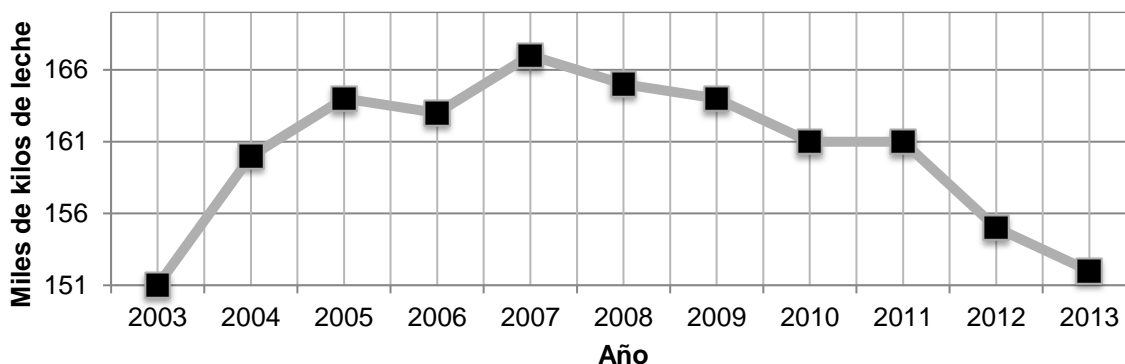


Figura 5. Variación de la producción de leche de cabra en México en diez años (FAOSTAT, 2016)

La disminución que se ha presentado, tanto en el inventario caprino, como en la producción de leche en la república mexicana, puede relacionarse con diversos factores como: los altos costos de producción, la estacionalidad cada vez más marcada en la producción, el rezago tecnológico y sanitario en el que aún se tiene a las cabras por su “bajo estatus”, el escaso apoyo

y financiamiento gubernamental para mejorar la infraestructura de producción de la cadena caprina y generar espacios adecuados y suficientes para la transformación y comercialización de los productos; entre otros, lo cual ha conllevado a que en México; tal como sucede a nivel mundial, la tenencia del rebaño caprino se dé principalmente por pequeños productores; gran parte de ellos ubicados en la región conocida como la Mixteca (conformada por los estados de Oaxaca, Guerrero y Puebla) y en las zonas áridas y semiáridas del centro y norte del país, con una producción principalmente de autoconsumo, evidenciando la capacidad de las cabras para aprovechar los recursos naturales en diferentes condiciones agroecológicas (Castillo et al., 2014; González, 2014); gracias a su estructura corporal y hábitos alimenticios, que les permite acceder a fuentes de alimento de difícil obtención para otras especies (Lamy et al., 2012). Por último, es importante comentar que mucha de la leche producida en el país, es empleada para la elaboración de cajetas, dulces, helado, yogurt y diferentes tipos de quesos tanto de manera tradicional como especializada (Castillo et al., 2014; González, 2014).

1.3. Producción caprina en Yucatán:

Según datos del censo de 2007, Yucatán contaba con 590 unidades de producción caprina y un total de 5088 cabezas, de las cuales 38 unidades implementaban una o más tecnologías (vacunación, desparasitación, suministro de alimento balanceado, asistencia técnica u otra tecnología) en su rebaño. En cuanto a la producción y comercialización en el estado, el promedio de leche producida por cabra fue de 0.22 Litros por día y el volumen de venta de ganado caprino fue de 641 cabezas por año (INEGI, 2007).

Torres et al. (2000), en un trabajo para caracterizar la caprinocultura en Yucatán, encontraron que la mayoría de los productores (88.1%), tenían esta producción como una actividad secundaria, con la finalidad principal de producir carne y leche (56%). Gran parte de ellos (70.2%), utilizaba el traspatio contando con un rebaño pequeño (quince animales en promedio), con cabras generalmente de raza criolla y un aproximado de ocho vientres por grupo. Reportan también, que las cabras eran criadas en sistemas semi-intensivos donde el 94% de los caprinocultores implementó el pastoreo/ramoneo en la vegetación nativa, la mayor parte de ellos suplementaban todo el año (68.4%) principalmente con los forrajes de Ramón (*Brosimum alicastrum*) y Taiwan (*Pennisetum purpureum*), seguidos de los granos y

alimentos balanceados. En cuanto al tiempo de pastoreo refieren que el 39.2% de los productores, pastoreaban los rebaños menos de cinco horas, mientras que el 60.8% lo hizo más de cinco. El pastoreo se dio principalmente en terrenos ejidales, comunales o nacionales (59.5%), seguido de aquellos que pastorearon en propiedad privada (30.4%) y por último, aquellos que usaron las calles de poblados o ciudades (21.5%). En cuanto a la comercialización, encontraron que la leche era el principal producto obtenido de las cabras (83.3%) seguido de la carne (66.6%); no obstante, gran parte de estos productos fueron aprovechados para autoconsumo del caprinocultor y su familias, pues solo el 31.4% de leche y el 42.9% la carne eran vendidos.

En cuanto a la producción de leche en Yucatán, el antecedente más reciente es un trabajo realizado por Barrientos et al. (2000), que determinaron la composición química de la leche de diferentes razas de cabra en tres sistemas: el primero un sistema de pastoreo con vegetación nativa y suplementación con un rebaño de cabras de razas Nubia y Boer, el segundo un sistema de pastoreo en vegetación nativa y suplementación con cabras criollas y el tercero un sistema de confinamiento con oferta de forraje y alimento balanceado para un rebaño de cabras de raza criolla. Los resultados se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Composición de la leche de cabra en tres sistemas de producción en Mérida, Yucatán.

Componentes	Sistema de producción		
	Vegetación nativa y suplementación (Nubia y Boer)	Vegetación nativa y suplementación (Criolla)	Confinamiento (Criolla)
Grasa (%)	2.63	2.51	2.94
Proteína (%)	4.01	4.09	4.19
Lactosa (%)	3.92	4.08	4.36

Tabla adaptada de Barrientos et al. (2000)

Llama la atención los valores bajos de los porcentajes de grasa en los resultados, más bajos incluso que los reportados en la literatura (3.8% por Park et al., 2007), no obstante existe una

variación importante entre los tres sistemas evaluados, pues los autores usaron diferentes razas, dietas y manejos, para cada uno de sus tratamientos sin contar otros factores que influyen en la composición de la leche como la época del año, estado fisiológico del animal, el tiempo de pastoreo por día; entre otros (Paulina et al., 2008), sin embargo en el documento no se proporciona la información suficiente para dar una explicación puntual sobre estos resultados.

2. Características y composición de la leche de cabra.

La leche de cabra presenta ciertas diferencias con la de otras especies (Tabla. 2) y algunos de los factores responsables de esa variación son: la nutrición, la raza, el número de partos, la época, el manejo, el ambiente, el periodo de lactación y el estado de salud (Park, 2006; Park et al., 2007; Paulina et al., 2008).

Tabla 2. Composición de nutrientes básicos en la leche de cabra, oveja, vaca y mujer.

Composición	Cabra	Oveja	Vaca	Mujer
Grasa (%)	3.8	7.9	3.6	4.0
Sólidos no grasos (%)	8.9	12.0	9.0	8.9
Lactosa (%)	4.1	4.9	4.7	6.9
Proteína (%)	3.4	6.2	3.2	1.2
Caseína (%)	2.4	4.2	2.6	0.4
Albumina, Globulina (%)	0.6	1.0	0.6	0.7
N no proteico (%)	0.4	0.8	0.2	0.5
Cenizas (%)	0.8	0.9	0.7	0.3
Calorías/100ml	70	105	69	68

Tabla tomada de Park et al. (2007)

La leche de cabra se utiliza ampliamente para la elaboración de subproductos, ya que por sus características organolépticas como su color blanco; por la ausencia de carotenos, su sabor

dulce y olor neutro, le dan un toque gourmet a los diferentes platillos y productos generados a partir de esta leche (López del Castillo y Verdalet, 2013).

2.1. Carbohidratos

La lactosa es el principal carbohidrato de la leche, es un disacárido que está compuesto por la unión de dos moléculas: la glucosa y la galactosa (Park, 2006). Esta molécula es sintetizada en la glándula mamaria, con una importante participación de la proteína de la leche α -Lactoalbumina (Park et al., 2007); y cumple un papel muy importante en el mantenimiento del equilibrio osmótico entre las concentraciones sanguíneas y las células alveolares, durante la síntesis de leche y la secreción dentro del lumen de los alveolos y el sistema de ductos (Park et al., 2007). Otros carbohidratos encontrados habitualmente en la leche de cabra son oligosacáridos, glicopéptidos, glicoproteínas y azúcares nucleicos pero sus funciones en la leche de cabra han sido poco estudiadas.

2.2. Lípidos

En términos de costo, nutrición y características físicas y sensoriales, los lípidos son el componente más importante de la industria láctea. Estos se encuentran principalmente en forma de triglicéridos, los cuales representan entre el 95% y 98% de los lípidos totales (Park et al., 2007; López del Castillo y Verdalet, 2013). La leche de cabra también contiene otros lípidos simples en su composición, como lo son diacilgliceroles, monoacilgliseroles, y ésteres de colesterol; además de lípidos complejos como los fosfolípidos y compuestos liposolubles como esteroides, ésteres de colesterol y carbohidratos (Park, 2006; Park et al., 2007).

Por otra parte, los lípidos están presentes en forma de glóbulos en su mayoría menores a 3.5 μm (promedio de 2 μm), no obstante a diferencia de otras leches, la caprina se caracteriza por no contener aglutinina, la cual es una proteína encargada de agrupar los glóbulos lipídicos y de esta manera formar grasas con estructuras de mayor tamaño. Esta particularidad de la leche de cabra favorece la digestibilidad y mayor eficiencia en el metabolismo lipídico comparado con otras especies (Park et al., 2007; López del Castillo y Verdalet, 2013). Otro aspecto importante de la leche de cabra, es el alto contenido de ácidos grasos de cadena corta y mediana asociados con las características organolépticas de los quesos, entre los que se

encuentran los ácidos caproico, caprílico, cáprico y laúrico (Park et al., 2007; López del Castillo y Verdalet, 2013). Cabe mencionar que el factor más importante que modifica la composición de ácidos grasos en la leche es la alimentación, y en particular la adición de suplementos lipídicos en la dieta (Chillard, et al., 2003)

2.3. Proteínas

El contenido de proteína está influenciado por la raza, el periodo de lactación, la alimentación, el clima, la estación climática y el estado de salud, pero la cantidad de nitrógeno varía entre 0.7 – 1.0% (Park et al., 2007). En la fracción proteica, las caseínas son las más abundantes, entre estas las β -caseínas abundan en la leche de cabra y este tipo de proteína forma coágulos fáciles de romper, de manera que las enzimas proteolíticas penetran en ellos y los desintegran rápidamente facilitando la digestión (López del Castillo y Verdalet, 2013).

2.4. Minerales y vitaminas

En su fracción mineral, la leche de cabra tiene un alto contenido de calcio (más del 18%), magnesio (más del 41%), fósforo (más del 42%), y hierro (más del 71%). En cuanto a vitaminas también tiene altos contenidos de Vitamina A, B6 y B3, aunque es deficiente en ácido fólico (B9) (López del Castillo y Verdalet, 2013).

2.5. Relación de la composición de la leche con la cantidad y tipo de forraje consumido

En las regiones tropicales, la mayor limitante para la producción caprina es la disponibilidad forrajera, es por esto que se hace necesario el uso y estudio de las diferentes plantas que conforman los sistemas de pastoreo, para seleccionar aquellas que tengan características favorables para aumentar la producción de leche o mejorar la calidad de la misma (Ortega-Pérez et al., 2010). Algunos autores, mencionan la importante relación que existe entre varios factores nutricionales como: la cantidad de proteína en la dieta, la cantidad y fuente de los lípidos, la relación forraje-concentrado; entre otros, con la composición de la leche (Medina-Córdova et al., 2013; Murillo-Amadro et al., 2015). Sin embargo, debido a que gran parte de las cabras en los trópicos se alimentan en sistemas de vegetación nativa, el conocimiento de

la cantidad y calidad de alimento consumido es difícil de evaluar (Cepeda-Palacios, 2007; Koeslag, 2007).

En México, se han realizado algunos estudios en los agostaderos de las zonas áridas y semi-áridas, donde han encontrado que los resultados de análisis proximales de algunas plantas ingeridas por las cabras en estos sistemas, tienen una correlación positiva con una mejora en la composición química de la leche y en la carne en los caprinos que pastorean dichas zona, un ejemplo de esto es la proteína cruda presente en el forraje consumido por las cabras, la cual fue mayor entre otoño-invierno y menor entre primavera-verano, provocando una variación similar y asociada en el porcentaje de proteína presente en la leche de las cabras para las dos temporadas (Medina-Córdova et al., 2013; Murillo-Amadro et al., 2015).

3. Sistemas de pastoreo

3.1. Los sistemas silvopastoriles

En las regiones tropicales, los rumiantes son manejados principalmente en sistemas de producción extensiva y su gran limitante durante el año, es la variabilidad en la disponibilidad y la calidad de las pasturas (Ku-Vera et al., 2013; Casanova- Lugo et al., 2014). En torno a esto, la adopción de sistemas silvopastoriles (SSP) representa una alternativa para aumentar la producción y la calidad del forraje obteniendo mejores rendimientos en productos de origen animal (Ku-Vera et al., 2014).

Los SSP se caracterizan por ser la combinación e interacción de cultivos agrícolas con pastos, arbustos, árboles de uso múltiple y cría de animales, administrado de manera simultánea e integrada (Nahed-Toral et al., 2013). Estos ofrecen una variedad de servicios ambientales, destacando: regulación climática, reducción de las emisiones de carbono, de óxido nitroso y de metano, reciclaje de nutrientes, restauración de los suelos degradados, conservación de la biodiversidad y protección de las fuentes de agua, entre otros (Ibrahim et al, 2006; Murgueitio e Ibrahim, 2008; Nahed-Toral et al., 2013). El SSP más comúnmente utilizado es el de árboles dispersos en potreros; dado por selección de la vegetación remanente o introducción de árboles y arbustos en las praderas ya existentes (Murgueitio e Ibrahim, 2008; Nahed-Toral et al.,

2013), sin embargo la necesidad de generar opciones que aumenten significativamente la producción y a la vez permitan cuidar el ambiente, ha impulsado el estudio de los llamados “sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi)” especialmente en sistemas de producción de bovinos y con menor frecuencia en ovinos, los cuales consisten en la asociación de gramíneas mejoradas y arbustos de leguminosas forrajeras a altas densidades, aplicando manejos de rotación de potreros, cercado (en su mayoría eléctrico), abrevadero para ofrecer agua a los animales y riego (Murgueito y Solorio, 2008; Bacab et al., 2013).

En Latinoamérica, México es uno de los países que promueve fuertemente la implementación de SSP y SSPi; con estudios enfocados en su mayoría a la producción de ganado bovino y la estimación de los servicios ambientales obtenidos con el uso de estos sistemas, no obstante, en caprinos son muy pocos los trabajos que se han realizado, razón por la cual es de gran importancia elaborar estudios que permitan evaluar la productividad de las cabras en estos sistemas.

*3.1.1. La *Leucaena leucocephala* en los sistemas silvopastoriles intensivos:*

La Leucaena leucocephala es una leguminosa de uso forrajero, que tiene amplia distribución a nivel mundial y su implementación en los SSPi, a altas densidades de siembra (más de 10.000 plantas por ha) en el trópico, se ha desarrollado con éxito y su uso está bien documentado. Diferentes autores han reportado que es una planta con una alta capacidad de fijación de nitrógeno, mejora las condiciones del suelo, tiene capacidad para capturar dióxido de carbono (CO₂), mejora la retención hídrica del suelo, reduce el estrés calórico de los animales, aumenta la biodiversidad, incrementa la productividad y carga animal, entre otros beneficios (Murgueitio y Solorio, 2008; Murgueitio et al., 2011; Anguiano et al., 2013; Bacab et al., 2013). También, es necesario mencionar que esta planta contiene metabolitos secundarios que han sido relacionados con problemas de toxicidad, presentándose especialmente en animales con poca adaptación a estos compuestos, tal es el caso de la mimosina (Dalzell et al., 2006).

El impacto que ha tenido este tipo de sistema sobre la carga animal es importante, ya que con ganado bovino se han reportado cargas de 5.5 UA por ha. en SSPi comparado con 0.3 UA por

ha. en sistemas con pastos nativos (González, 2013). Este aspecto es de gran relevancia, ya que la producción de carne o leche por área se vería aumentada con la implementación de los SSPi, permitiendo un aumento en la productividad del sistema.

3.1.2. *Los sistemas silvopastoriles y la producción caprina*

En cuanto a la producción caprina, son escasos los productores que han implementado el uso de SSP, y las investigaciones realizadas con este tipo de agroforestería, no obstante por los resultados que se han obtenido en bovinos aunado a los hábitos de consumo que tienen los caprinos, pudiera inferirse que esta especie tendría un desempeño productivo favorable (Sánchez, 2001).

Los estudios de SSP con caprinos son escasos y una de las pocas investigaciones es la de Rodríguez y Roncallo (2013), quienes reportaron en Colombia una mayor ganancia de peso para cabras criollas en crecimiento, pastoreando un SSP con *L. leucocephala* asociada con *P. máximum cv. Tanzania*, obteniendo una ganancia diaria de peso de 33.6 g/animal/día. En este mismo estudio los autores evaluaron la tasa de aparición de celo en las cabras, obteniendo el más alto valor para el SSP con *G. ulmifolia* asociada con *P. máximum cv. tanzania* con un valor del 66.7%.

3.2. *El sistema de monocultivo de gramíneas*

La introducción de pastos mejorados en el trópico ha tenido por objetivo mejorar la productividad de sistemas de producción con rumiantes, pues se han destacado por tener un alto rendimiento de materia seca por año, resistencia a plagas y arvenses, alta sobrevivencia en periodos de sequías, entre otras cualidades (Ruiz et al., 2015). No obstante, son fuentes de forrajes con una calidad nutricional baja (Améndola et al., 2016), y que por su alta velocidad de rebrote y producción de biomasa, exigen frecuentes manejos de fertilización pues extraen rápidamente nutrientes del suelo, llegando a degradarlo si no se realizan las labores adecuadas para su siembra y mantenimiento (Estrada, 2013).

Un aspecto negativo de estos sistemas en el trópico, es que su implementación ha generado la tala indiscriminada de bosques y desplazamiento de la vegetación nativa, dejando al suelo más

vulnerable a las inclemencias del clima, acelerando la degradación del mismo y provocando a largo plazo un deterioro de las pasturas, detrimento del ecosistema y alteración en la biodiversidad del medio ambiente (FAO, 2007; Flores y Bautista, 2012).

3.2.1. *El Pennisetum purpureum en el sistema de monocultivo de gramíneas*

El *Pennisetum purpureum* es una gramínea mejorada que produce altas cantidades de forraje con una calidad aceptable, siempre y cuando se realicen manejos de fertilización nitrogenada y riego (Nava et al., 2013); es una especie con fácil adaptación a condiciones tropicales y subtropicales, distribuyéndose desde el nivel del mar hasta 2000 m.s.n.m., tiene tolerancia a tiempos de sequías y presenta baja resistencia a suelos inundados con drenajes pobres (Kessler et al., 2006). Un ejemplo de su alta producción son los resultados de Padilla y Curbelo (2005), quienes reportaron rendimientos de 11.5 toneladas de materia seca por ha. a los 90 días de corte.

3.3. *El sistema de vegetación nativa*

En Yucatán, la vegetación nativa es un ecosistema que ofrece servicios como: captación de agua, banco de semillas, captura de carbono, reservorio de especies animales nativas, producción de rumiantes, producción de madera, producción de miel y polen, entre otros (Flores y Bautista, 2012); no obstante, es un sistema que presenta una marcada estacionalidad teniendo un aspecto distinto en la época de lluvia y la época de sequía. Cada estación tiene una duración aproximada de seis meses y el periodo de lluvia va de mayo a noviembre; en este tiempo, los árboles están cubiertos de hojas y crecen muchas especies anuales únicas de esta época. En contraste, para la sequía, los árboles pierden entre un 50% y 90% de sus hojas, mientras que otros florecen produciendo semillas y frutos, que están en el suelo hasta el inicio del tiempo de lluvias (Torres-Acosta et al., 2016).

3.3.1. *El sistema de vegetación nativa y la caprinocultura en Yucatán*

Según el estudio de González-Pech et al. (2014), las cabras que pastorean/ramonean la vegetación nativa en Yucatán, recorren entre 8 y 12 km diarios consumiendo el follaje, flores, vainas y frutos de diversas especies de árboles, arbustos, pastos, enredaderas y herbáceas presentes en el sistema; encontrando que la dieta de los caprino se compone de 33 diferentes

especies de plantas en la sequía (González et al., 2015) y de 61 diferentes especies de plantas en la época de lluvias (Torres-Acosta et al., 2016).

La dieta cosechada por las cabras cubre para las dos épocas los requerimientos de proteína, pero su aporte energético en ambos periodos es insuficiente; siendo importante implementar manejos de suplementación, con fuentes que aporte energía fermentable al rumen con el propósito de mejorar la dieta de los animales (Torres-Acosta et al., 2012).

4. Productividad y rentabilidad en los sistemas de producción caprina

Los problemas que ha traído el cambio climático, están afectando directa e indirectamente la productividad y rentabilidad de los sistemas de producción animal (Assan, 2014; Silanikove y Koluman, 2015), especialmente aquellos que involucran el pastoreo como fuente principal de alimento para rumiantes. La variación estacional en la producción de forraje es cada vez más marcada, debido a los impactos generados por prolongadas sequías, inundaciones, entre otros factores ambientales a los que se exponen año tras año estos sistemas (Sautier et al., 2015). No obstante, se ha documentado que entre los rumiantes domésticos, la cabra es la especie más adaptada al estrés térmico en términos de la producción, reproducción y resistencia a las enfermedades; razón por la cual tiene un importante papel en los escenarios donde el cambio climático afecta más severamente a las producciones pecuarias (Assan, 2014; Silanikove y Koluman, 2015).

En México, Pinos-Rodríguez et al. (2015) realizaron un estudio sobre la rentabilidad de la producción de cabras, en pastoreo de la vegetación nativa en la zona norte del país, concluyendo que en general los sistemas caprinos bajo las condiciones observadas no son rentables. Sin embargo, la caprinocultura en el norte de México proporciona oportunidad de trabajo, alimentos de alto valor nutricional como leche y carne; que hacen parte fundamental de la seguridad alimentaria de muchos hogares, y además con sus heces son una importante fuente de abono para la agricultura en la región. Estos autores hacen hincapié en el manejo de los sistemas de producción y la comercialización organizada, como aspectos fundamentales para que los productores puedan tener un margen de rentabilidad en sus rebaños.

Otro aspecto importante en este ámbito, es la tenencia de las cabras, pues la mayoría las poseen personas de escasos recursos o pequeños productores, con manejos extensivos y en su mayoría con rebaños trashumantes, que debido a manejos inadecuados han generado un sobrepastoreo (Escareño et al., 2012), afectando la producción de sus sistemas. Por esta razón, incorporar prácticas para mejorar y mantener la producción y calidad del forraje es un factor que adquiere importancia cuando se busca una productividad constante (Castellanos-Pérez et al., 2002; Sautier et al., 2015), sin embargo esto implica un aumento en los costos de producción, que si no se combina con un ejercicio de comercialización adecuado puede afectar negativamente la rentabilidad del caprinocultor (Pinos-Rodríguez et al., 2015).

El conocimiento de los indicadores económicos de la caprinocultura, en diferentes escenarios es fundamental, pues permite dar un soporte real para la toma de decisiones de productores con diferentes posibilidades de inversión y tamaño de producción.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar la productividad de tres sistemas de pastoreo, en términos de disponibilidad y composición química del forraje, producción y composición química de la leche y algunos indicadores económicos en un rancho caprino de Yucatán.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Estimar la disponibilidad y composición de la biomasa forrajera, en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), un sistema de monocultivo de gramínea (SM) y un sistema de vegetación nativa (SVN).
2. Evaluar la producción de leche de cabra y su contenido de grasa, proteína, lactosa y sólidos totales, en un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), un sistema de monocultivo de gramínea (SM) y un sistema de vegetación nativa (SVN).
3. Estimar los costos variables, utilidad bruta y la rentabilidad de cabras en pastoreo de un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), un sistema de monocultivo de gramínea (SM) y un sistema de vegetación nativa (SVN).

HIPÓTESIS

El nivel de productividad caprina en términos de producción y composición de la leche por animal y por unidad de área, dependerá de la disponibilidad y composición de la biomasa forrajera y los insumos tecnológicos utilizados en cada uno de los sistemas evaluados.

LISTA DE REFERENCIAS

- Améndola, L., Solorio, F.J., Ku-Vera, J.C., Améndola-Massiotti R.D., Zarza H. y Galindo, F., 2016. Social behaviour of cattle in tropical silvopastoral and monoculture systems, *Animal*, 10(05), 863-867.
- Anguiano, J.M., Aguirre, J. y Palma, J.M., 2013. Secuestro de carbono en la biomasa aérea de un sistema agrosilvopastoril de *Cocus nucifera*, *Leucaena leucocephala* Var. *Cunningham* y *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115, *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17, 149-160.
- Aréchiga, C.F., Aguilera, J.I., Rincón, R.M., De Lara, S.M., Bañuelos, V.R. y Meza-Herrera, C.A., 2008. Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9(1), 1-14.
- Assan, N., 2014. Goat production as a mitigation strategy to climate change vulnerability in semi-arid tropics, *Scientific Journal of Animal Science*, 3(11), 258-267.
- Bacab, H.M., Madera, N.B., Solorio, F.J., Vera, F. y Marrufo, D.F., 2013. Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical, *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(3), 67-81.
- Barrientos, C., Guerrero, L. y Betancur, D., 2000. Composición de la leche de cabra en tres diferentes sistemas de producción en clima tropical. En: Asociación mexicana de producción caprina A.C. (ed.), *Memorias XV Reunión nacional sobre caprinocultura*, Mérida-México, 206 – 208.
- Beltrán, S. y Loredo, C., 2014. Establecimiento y uso de arbustivas forrajeras. En: Comité Nacional Sistema Producto Caprinos (ed.), *Tecnologías en apoyo a la caprinocultura*, Vol. II, México D.F., Sistema Producto Caprinos, 17 – 20.
- Cámara, R., 2000. Evaluación biológica de dos sistemas de producción caprina en el estado de Yucatán, Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México, 3 – 50.
- Capote, J., 2016. Environments and goats around the world: importance of genetic and management factors. En: Hungarian Sheep and Goat Dairying Public Utility Association y la Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (ed), *Sustainable*

- goat breeding and goat farming in central and eastern european countries, Herceghalom, Hungría, Abril de 2014, European Regional Conference on Goats, 1 - 6.
- Casanova-Lugo, F., Petit-Aldana, J., Solorio-Sánchez, F.J., Parsons, D. y Ramírez-Avilés, L., 2014. Forage yield and quality of *Leucaena leucocephala* and *Guazuma ulmifolia* in mixed and pure fodder banks systems in Yucatan, Mexico, *Agroforestry Systems*, 88(1), 29-39.
- Castellanos-Pérez, E., Valencia-Castro, M. y Quiñones-Vera, J.J., 2002. Goats and the need for range management in Mexico, *Rangelands*, 24(3), 24 – 27.
- Castillo, J. M., 2014. Manejo de Ganado caprino en las praderas de humedad residual en la zona templada de México. En: Comité Nacional Sistema Producto Caprinos (ed.), *Tecnologías en apoyo a la caprinocultura*, Vol. II, México D.F., Sistema Producto Caprinos, 41 – 45.
- Cepeda-Palacios, R., 2007. Producción de caprinos: un enfoque técnico y social. Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz B.C.S., México.
- Chillard, Y., Ferlay, A., Rouel, J., Lamberet, G., 2003. A review of nutritional and physiological factors affecting goat milk synthesis and lipolysis, *Journal Dairy Science*, 86(5), 1751–1770.
- Devendra, C., 1987. The role of goats in food production systems in industrialised and developing countries. En: *International Conference on Goats*, Singapura, 3-40.
- Dalzell, S., Shelton, M., Mullen, B., Larsen, P. y McLaughlin, K., 2006. Grazing management; *Leucaena* toxicity and the *Leucaena* bug En: *Leucaena: A guide to establishment and management*, Meat and Livestock, Australia Limited, Australia.
- Dubeuf, J.P., 2005. Structural, market and organisational conditions for developing goat dairy production systems, *Small Ruminant Research*, 60(1), 67-74.
- Escareño, L., Salinas-González, H., Wurzinger, M., Iñiguez, L., Sölkner, J. y Meza-Herrera, C., 2012. Dairy goat production systems, *Tropical Animal Health and Production*, 45(1), 17-34.
- Estrada, C.P., 2013. Comportamiento agronómico del pasto Marandú (*Brachiaria brizantha*) bajo cinco densidades de siembra en la zona de Febres Cordero. Tesis para obtener el título de Ingeniero agrónomo, Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo, Ecuador.

- FAO, 2007. Cómo enfrentarse a la interacción entre la ganadería y el medio ambiente, FAO, Rome, Italy.
- FAOSTAT, 2016. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO): statistics divisions, URL: <http://faostat3.fao.org/home/E>. Acceso mayo de 2016.
- Flores, J.S., Vermont-Ricalde, R.M. y Kantún-Balam, J.M., 2006. Leguminosae diversity in the Yucatan Peninsula and its importance for sheep and goat feeding. En: C.A. Sandoval-Castro, D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta y A. Ayala-Burgos (eds.), *Herbivores: assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds*. Nottingham, Reino Unido, BSAS, 291-299.
- Flores, J.S. y Bautista, F., 2012. Knowledge of the Yucatec Maya in seasonal tropical forest management: the forage plants, *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83(2), 503-518.
- González, J.M., 2013. Costos y beneficios de un sistema silvopastoril intensivo (SSPi), con base en *Leucaena leucocephala* (Estudio de caso en el municipio de Tepalcatepec, Michoacán, México), *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(3), 35-50.
- González S.H., 2014. Producción de leche de cabra en praderas irrigadas en la región centro y norte de México. En: Comité Nacional Sistema Producto Caprinos (ed.), *Tecnologías en apoyo a la caprinocultura*, Vol. II, México D.F., Sistema Producto Caprinos, 47 -50.
- González-Pech, P.G., Torres-Acosta, J.F.J. y Sandoval-Castro, C.A., 2014. Adapting a bite coding grid for small ruminants browsing a deciduous tropical forest, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 17: 63-70.
- González-Pech, P.G., Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A. y Tun-Garrido, J., 2015. Feeding behavior of sheep and goats in a deciduous tropical forest during the dry season: The same menu consumed differently, *Small Ruminant Research*, 133, 128-134.
- Gutiérrez, J.M, 2014. Manejo de Ganado caprino en las praderas de humedad residual de la zona templada de México. En: Comité Nacional Sistema Producto Caprinos (ed.), *Tecnologías en apoyo a la caprinocultura*, Vol. II México D.F, Sistema Producto Caprinos, 41 – 45.
- Haenlein, G.F.W., 2001. Past, present, and future perspectives of small ruminant dairy research, *Journal of Dairy Science*, 84(9), 2097-2115.
- Haenlein, G.F.W., 2004. Goat milk in human nutrition, *Small Ruminant Research*. 51(2), 155-163.

- Hofmann, R.R., 1989. Evolutionary steps of ecophysiological adaptation and diversification of ruminants: a comparative view of their digestive system, *Oecologia*, 78(4), 443-457.
- Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F. y Rojas, J., 2006. Silvopastoral systems as a tool for improving productivity and restoration of ecological integrity of livestock landscapes, *Pastos y Forrajes*, 29, 383-419.
- INEGI., 2007. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal: Tabulados 68, 69, 70 y 71. En: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=17177&s=est> acceso mayo de 2015.
- Kessler, C.D.J, Ramírez y Avilés. L. y Armendáriz Yañez, I.R., 2006. Bases para la producción de forrajes tropicales: notas de curso, Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, Yucatán.
- Koeslag, J.H., 2007. Cabras: Manuales para Educación Agropecuaria, Producción Animal, Trillas, México.
- Ku-Vera, J.C., Ayala-Burgos, A.J., Solorio-Sánchez, F.J., Briceño-Poot, E.G., Ruiz-González, A., Piñeiro-Vázquez, A.T., Barros-Rodríguez, M., Soto-Aguilar, A., Espinoza-Hernández, J.C., Albores-Moreno, S., Chay-Canul, A.J., Aguilar-Pérez, C.F. y Ramírez-Avilés, L., 2013. Tropical tree foliages and shrubs as feed additives in ruminant rations. En: A.F. Salem (ed.), *Nutritional Strategies of Animal Feed Additives*, Nova Scientist Publishers, New York USA, 59-76.
- Ku-Vera, J.C., Briceño, E.G., Ruiz, A., Mayo, R., Ayala, A.J., Aguilar, C. F., Solorio, F.J. y Ramírez, L., 2014. Manipulation of the energy metabolism of ruminants in the tropics: options for improving meat and milk production and quality, *Cuban Journal of Agricultural Science*, 48(1), 43-53.
- Lamy, E, Harsdhadrui, R., Schweigert, F., Capela e Silva, F., Ferreira, A., Rodrigues, A., Antunes, C., Almeida, A., Varela, A. y Sales, E., 2011. The effect of tannins on Mediterranean ruminant ingestive behavior: the role of the oral cavity, *Molecules*, 16, 2766-2784.
- Lamy, E., Capela e Silva, F. y Sales Baptista, E., 2012. The influence of oral environment on diet choices in goats: a focus on saliva protein composition. En: D.E. Garrote G.J. Arede (ed.), *Goats: Habitat, Breeding and Management*, Nova Science Publishers, 93 -111.

- López del Castillo, M. y Verdalet, I., 2013. Características Físicas, Químicas y Nutricionales de la Leche de Cabra. En: Comité Nacional Sistema Producto Caprinos (ed) Tecnologías en apoyo a la caprinocultura, Vol. I., 2013 México D.F., Sistema Producto caprino, 242 – 244.
- López, O., Olivera, Y., Lamela, L., Sánchez, T., Montejo, I., Ronquillo, L. y Rojo-Rubio, M.R., 2015. Effect of the supplementation with concentrate feed on the in vitro fermentation of diets for cows under silvopastoral system conditions, *Pastures and Forages*, 37(4), 490-495.
- Medina-Córdova, N., Espinoza-Villavicencio, J.L., Ávila-Serrano, N.Y. y Murillo-Amador, B., 2013. Composición química de forrajes del agostadero y su relación con la composición química de leche de cabras criollas. *Interciencia*, 38(2), 132-138.
- Murillo-Amador, B., Medina-Córdova, N. de J., Toyos-Vargas, E.A., Ávila-Serrano, N., Nieto-Garibay, A., Troyo-Diéguez, E., Espinoza-Villavicencio, J. L., Ortega-Pérez, R. y Palacios-Espinosa, A., 2015. Calidad de leche de cabra y su relación con el consumo de especies forrajeras del agostadero árido, *Recursos Naturales y Sociedad*, (1), 3-14
- Murgueitio, R.E. y Ibrahim, M., 2008. Livestock and environment in Latin America. En: E. Murgueitio, C.A. Cuartas-Cardona y J.F. Naranjo-Ramírez (eds.). *Ganadería del Futuro*, Fundación, Cali, Colombia, CIPAV, 19-39.
- Murgueitio, E. y Solorio, B., 2008. El Sistema Silvopastoril Intensivo, un modelo exitoso para la competitividad ganadera en Colombia y México. En: Universidad Rómulo Gallegos, Universidad Central de Venezuela, Universidad de Zulia y AVPA (eds), *Memorias V Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible*, Maracay, Venezuela, (publicación electrónica).
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A. y Solorio, B., 2011. Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands, *Forest Ecology and Management*, 261, 1654-1663.
- Nahed-Toral, J., Valdivieso-Pérez, A., Aguilar-Jiménez, R., Cámara-Cordova, J., Grande-Cano, D., 2013. Silvopastoral systems with traditional management in southeastern Mexico: a prototype of livestock agroforestry for cleaner production, *Journal of Cleaner Production*, 57, 266 – 279.

- Nava, J.J., Gutiérrez, E., Herrera, R.G., Zavala, F., Olivares, E., Treviño, J.E., Bernal, H. y Valdés, C.G.S., 2013. Yield and chemical composition of CT-115 (*Pennisetum purpureum*) pasture established at two densities and in two sowing dates in Marín, Nuevo León, Mexico, Cuban Journal of Agricultural Science, 47(4), 419.
- Ortega-Pérez, R., Murillo-Amador, B., Espinoza-Villavicencio, J.L., Palacios-Espinosa, A., Carreón-Palau, L., Palacios-Mechetnov, E. y Plascencia-Jorquera, A., 2010. Chemical composition and proportion of precursors of ruminic and vaccenic acids in alternative forages for the feeding of ruminants in arid ecosystems. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 12, 33-45.
- Padilla, C. y Curbelo, F., 2005. Two plantation methods in the establishment of the elephant grass Cuba CT-115 (*Pennisetum purpureum*), Cuban Journal of Agriculture Science, 39, 213.
- Park, Y., 2006. Goat milk—chemistry and nutrition. En: Y. W. Park y W. Haenlein (eds.), Handbook of Milk of Non-bovine Mammals, Blackwell Publishing Professional, Oxford, 34–58.
- Park, Y., Juárez, M., Ramos, M. y Haenlein, G., 2007. Physico – Chemical characteristics of goat and sheep milk, Small Ruminant Research, 68, 88-113.
- Paulina, G., Nudda, A., Battacone, G., Fancellu, S. y Francesconi A.H.D., 2008. Nutrition and Quality of Goat's Milk. En: A. Cannas y G. Pailina (eds.), Dairy Goats Feeding and Nutrition, CAB International, USA, 1-30.
- Peacock, C., 1996. The role of goats in developing countries. En: C. Peacock (ed.), Improving Goat Production in the Tropics: A Manual for Development Workers, Oxford: FARM-Africa and Oxfam, 2 – 4.
- Pinos-Rodríguez, J.M., Gómez-Ruiz, W.J., Aguirre-Rivera, J.R., García-López, J.C. y Álvarez-Fuentes, G., 2015. Profitability of goat production in the Mexico highlands. Outlook on Agriculture, 44(3), 223 – 233.
- Rios, G. y Riley, J. A., 1985. Preliminary studies on the utilization of the natural vegetation in the henequen zone of Yucatan for the production of goats. I. Selection and nutritive value of native plants, Tropical Animal Production, 10, 1 – 10.
- Rodríguez, G. y Roncallo, B., 2013. Producción de forraje y respuesta de cabras en crecimiento en arreglos silvopastoriles basados en *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena*

- leucocephala* y *Crescentia cujete*, Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 14(1), 77-89.
- Ruiz, F.L., Rodríguez, E.G., Anzola, H.J. y Castro, L.F., 2015. Establecimiento y evaluación del guinea *Panicum maximum* cv. *Massai* en la hacienda Guachicono del Bordo, Patía (Cauca), Revista de Ciencia Animal, 9, 125 – 154.
- Salinas, H., 2014. Producción de leche de cabra en praderas irrigadas en las regiones norte y centro de México. En: Comité Nacional Sistema Producto Caprinos (ed.), Tecnologías en apoyo a la caprinocultura, Vol. II México D.F, 2014 Sistema Producto Caprinos, 47 – 50.
- Sánchez, M., 2001. Sistemas de alimentación para pequeños rumiantes en los trópicos En: Memorias II Congreso Latinoamericano de Especialistas en Pequeños Rumiantes y Camélidos Sudamericanos XI Congreso Nacional de Producción Ovina. Mérida Yucatán, México 22 al 25 de mayo. <http://www.aleprycs.net/13>. Acceso mayo de 2016.
- Sanz, M.R., Chilliard, Y., Schmidely, Ph. Y Boza, J., 2007. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk, Small Ruminant Research, 68(1), 42-63.
- Sautier, M., Duru, M. y Martin-Clouaire, R., 2013. Use of productivity-defined indicators to assess exposure of grassland-based livestock systems to climate change and variability, Crop Pasture Science, 64, 641–651.
- SIAP, 2016. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. <http://www.siap.gob.mx/agricultura-produccion-anual/>. Acceso en junio de 2015.
- Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U. y Prosser, C.G., 2010. Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects, Small Ruminant Research, 89(2), 110-124.
- Silanikove, N. y Koluman, N., 2015. Impact of climate change on the dairy industry in temperate zones: Predications on the overall negative impact and on the positive role of dairy goats in adaptation to earth warming, Small Ruminant Research, 123(1), 27-34.
- Torres, J.F., Gutierrez, E.J., May, T.N., Babington, J., Evans. J., Bearman, K., Schmidt, A., Fordham, T., Butler, V., Lightsey, J., Brownlie, T., Schroer, S. y Cámara, G.E., 2000. Descripción de los sistemas de producción caprina de Yucatán, México. En: Asociación mexicana de producción caprina A.C. (ed.), Memorias XV Reunión nacional sobre caprinocultura, Mérida-México, del 13 al 15 de noviembre de 2000, 202-205.

- Torres-Acosta, J.F.J., Sandoval-Castro, C.A., Hoste, H., Aguilar-Caballero, A.J., Cámara-Sarmiento, R. y Alonso-Díaz, M.A., 2012. Nutritional manipulation of sheep and goats for the control of gastrointestinal nematodes under hot humid and subhumid tropical conditions, *Small Ruminant Research*, 103, 28-40.
- Torres, J.A., 2013a. Los sistemas de producción caprina y la agroforestería. En: Comité Nacional Sistema Producto Caprinos (ed.) *Tecnologías en apoyo a la caprinocultura*, Vol. I. México D.F., Sistema Producto caprino, 53 – 57.
- Torres, J.A., 2013b. Tecnologías agroforestales disponibles para la producción de caprinos. En: Comité Nacional Sistema Producto Caprinos (ed) *Tecnologías en apoyo a la caprinocultura*, Vol. I. México D.F., Sistema Producto caprino, 58 – 63.
- Torres-Acosta, J.F.J., González-Pech, P.G., Ortiz-Ocampo, G.I., Rodríguez-Vivas, I., Tun-Garrido, J., Ventura-Cordero, J., Castañeda-Ramírez, G.S., Hernández-Bolio, G.I., Sandoval-Castro, C.A., Chan-Pérez, J.I., Ortega-Pacheco, A., 2016. Revalorando el uso de la selva baja caducifolia para la producción de rumiantes, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 19, 73 – 80.

ARTÍCULO:

Productividad de tres sistemas de pastoreo de cabras en lactación en el trópico de México

Mónica Andrea Cardozo-Herrán,¹ Armín Javier Ayala-Burgos,² y Carlos Fernando Aguilar-Pérez²

¹ Estudiante de Posgrado, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Carretera Mérida-Xmatkuil km 15.5, C.P. 97300 Mérida, Yucatán, México. e-mail: mach2706@hotmail.com.

² Docente e investigador, Departamento de Nutrición de Rumiantes, Universidad Autónoma de Yucatán. Departamento de Nutrición Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Yucatán, Carretera Mérida-Xmatkuil km 15.5, C.P. 97300 Mérida, Yucatán, México.

Este artículo ha sido elaborado acorde a las normas editoriales de la revista: "Tropical Animal Health and Production"

1. Resumen

El objetivo fue evaluar la productividad de tres sistemas de pastoreo con cabras, en términos de disponibilidad y composición del forraje, producción y composición de la leche y algunos indicadores económicos, en Yucatán, México. Para esto, se emplearon 24 cabras ($41.7 \text{ kg} \pm 3.8$) en el último tercio de lactancia en un diseño completo al azar con tres tratamientos: sistema de vegetación nativa (SVN); con área $60,000 \text{ m}^2$ y carga animal (CA) 0.9 UA/ha, sistema silvopastoril intensivo (SSPi); con *P. maximum* y *L. leucocephala* en una área $9,999 \text{ m}^2$ y CA 5.5 UA/ha, y sistema de monocultivo de gramínea (SM); con *P. purpureum* en un área $3,222 \text{ m}^2$ y CA 16.7 UA/ha. La disponibilidad y composición del forraje, así como la producción y composición de la leche, peso vivo, condición corporal, concentración de urea en suero y algunos indicadores económicos fueron evaluados. La producción de leche/cabra no tuvo diferencias ($P < 0.05$), pero la calidad fue menor en el SM ($P < 0.0001$). La producción de forraje y leche por ha. fue menor en el SVN, pero el forraje tuvo mejor calidad, con mayor cantidad de taninos lo que coincidió con concentraciones más bajas de urea en suero ($P < 0.001$). Los tres sistemas fueron rentables, pero los mayores valores de utilidad bruta por área los tuvieron el SM y SSPi. En conclusión, la producción por cabra fue similar, pero el SM y el SSPi, son más productivos por área en términos de disponibilidad forrajera, producción de leche y utilidad por área de terreno.

Palabras clave:

Sistemas de pastoreo, Cabras lactantes, Trópico, Composición de leche

2. Introducción

La caprinocultura es una actividad comúnmente subestimada y considerada de “bajo estatus” en algunos países (Morand-Fehr et al., 2004; Sanz, et al., 2007). Sin embargo, esta actividad proporciona productos de alto valor nutricional para el hombre y puede realizarse con éxito en ambientes poco favorables para otras especies de animales (Devendra, 1987; Peacock, 1996; Silanikove y Koluman, 2015). La leche de cabra es de gran utilidad sobre todo para

niños con deficiencias nutricionales, personas de edad avanzada, o con problemas de alergias y dolencias gastrointestinales (Silanikove et al., 2000; Haenlein, 2004).

En el trópico, la mayor parte de las cabras se alimentan de la vegetación nativa, con una disponibilidad de forraje muy variable durante el año y una gran diversidad de especies con alto potencial nutricional (Ríos y Riley, 1985; Ku-Vera et al., 2013; Casanova-Lugo et al., 2014), donde las características morfo-fisiológicas particulares de la cabra, le permite utilizar árboles, arbustos y pastizales nativos, de forma más eficiente que otros rumiantes (Cannas y Paulina, 2008; Egea et al., 2014).

Por otra parte, el monocultivo de gramíneas mejoradas y más recientemente, los sistemas silvopastoriles, están siendo adoptados por algunos caprinocultores con el fin de mejorar la disponibilidad de forraje, intensificar la producción y mejorar la productividad de sus rebaños (Torres, 2013a; Torres, 2013b; Beltrán y Loredó, 2014; Gutiérrez, 2014; Salinas, 2014). El monocultivo de gramíneas en los trópicos produce forraje de mediana a baja calidad y demanda manejos adicionales como fertilización y riego, en perjuicio de la sostenibilidad y biodiversidad de los ecosistemas (Améndola et al., 2016). La *Leucaena leucocephala* es una especie arbórea que ha dado resultados favorables al utilizarse en los llamados “sistemas silvopastoriles intensivos”, los cuales consisten en asociaciones de pastos con leguminosas, sembradas a altas densidades (>10.000 plantas por ha.) (Nahed-Toral et al., 2013).

En la actualidad, existe cada vez mayor información de estos sistemas de pastoreo en bovinos, sin embargo, en cabras es poco lo que se conoce sobre el rendimiento animal y de forraje, así como de la rentabilidad y el margen de utilidad en estos sistemas (Escareño et al., 2012), razón por la cual el estudio de la productividad de estos adquiere importancia, pues los antecedentes en las regiones tropicales son escasos. Bajo este contexto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la productividad de tres sistemas de pastoreo, en términos de disponibilidad y composición del forraje, producción y composición de la leche y algunos indicadores económicos, en el estado de Yucatán.

3. Materiales y Métodos

3.1. Localización:

El experimento fue realizado en los meses de octubre y noviembre del año 2015, en una granja ubicada en la zona centro del estado de Yucatán, a 21°06' y 21°14' de latitud norte y 88°59' y 89°10' de longitud oeste. Es una región cálida subhúmeda, con lluvias en verano, altitud de 6 m.s.n.m., una humedad relativa entre 66% - 89% y precipitación pluvial de 700 - 1100 mm. (INEGI, 2009). La temperatura promedio para el periodo de estudio fue de 30°C con temperatura mínima de 20°C y máxima de 35°C (SMN, 2016)

3.2. Tratamientos, diseño experimental:

Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres tratamientos:

- a. Sistema de monocultivo de gramínea (SM), que consistió en una plantación de pasto *Pennisetum purpureum* (CT-115) en un área de 3,222 m², dividida en doce potreros de 268 m², con periodos de ocupación de dos días, descanso de 24 días y una carga animal de 16.7 UA/ha (1UA= 76.5 kg). Las divisiones del potrero fueron con cerca eléctrica y se realizaron labores de fertilización química y riego.
- b. Sistema silvopastoril intensivo (SSPi), conformado por una asociación de pasto Tanzania (*Panicum maximum* cv. *Tanzania*) y Leucaena (*Leucaena leucocephala* cv. *cunningham*), sembradas en hileras cada 2 m y una distancia entre plantas de 0.2 m, con una densidad de 33,333 plantas por ha. El área silvopastoril fue de 9,990 m², con doce potreros de 820 m², periodo de ocupación de tres días, 36 días de descanso y una carga animal de 5.5 UA/ha. Los potreros fueron delimitados con cerco eléctrico, contaban con sistema de riego y no fueron fertilizados.
- c. Sistema de vegetación nativa (SVN), establecido en un terreno de vegetación heterogénea con 25 años de antigüedad, en un área de 60,000 m² dividida en cinco potreros de 12,000 m². Los potreros se manejaron con periodos de ocupación de nueve días, descanso de 45 días y

una carga animal de 0.9 UA/ha., las divisiones se hicieron con cerco eléctrico y no se realizaron labores de fertilización ni riego.

Para los tres sistemas, el suministro de agua para bebida fue continuo y el tiempo de pastoreo por día en promedio fue de 6 horas. Se consideró un periodo de adaptación a los tratamientos de dos semanas y el periodo experimental duró cuatro semanas. Los grupos experimentales se conformaron de ocho cabras asignadas aleatoriamente a cada tratamiento. Los manejos realizados en cada sistema de pastoreo, corresponden a los efectuados habitualmente en un sistema de producción con monocultivo de gramíneas, silvopastoril intensivo o vegetación nativa.

3.3. Animales y suplementación:

Con el objetivo de ajustar la carga al pastoreo, se emplearon diez cabras por sistema, de las cuales ocho fueron consideradas unidades experimentales para las mediciones de urea en suero, producción y composición de la leche; obteniendo una muestra experimental de 24 cabras criollas de 41.7 kg (± 3.8) de peso vivo (PV), entre 2.5 y 3 años de edad, en el último tercio de lactación, con diferentes grados de cruzamiento entre las razas Alpina, Nubia y Saanen. Todos los animales fueron desparasitados con levamisol, diez días previos al inicio del experimento.

La suplementación se realizó de forma individual, con un alimento balanceado con base en pasta de soya (15%), cáscara de soya (44%), maíz (35%), sales minerales (1.5%), carbonato de calcio (0.5%), melaza de caña de azúcar (3%) y aceite (1%), cuya composición química se muestra en la Tabla 3. El suplemento se suministró a razón de un gramo por cada tres gramos de leche producida (Cannas y Paulina, 2008), ajustándose la cantidad semanalmente con base en la medición de producción de leche. Los animales tuvieron acceso a sal mineralizada *ad libitum*.

Tabla 3. Composición química (base seca) del suplemento suministrado a las cabras.

Componente	%
Materia seca	97.00
Proteína cruda	13.30
Fibra cruda	15.53
Fibra detergente neutra	34.15
Fibra detergente ácida	24.92
Extracto etéreo	1.74
Cenizas	4.99
Extracto libre de nitrógeno	61.44

3.4. Peso y condición corporal:

Con la finalidad de evaluar el cambio de peso vivo o la condición corporal, a todos los animales se les realizó pesaje con báscula electrónica y medición de la condición corporal; utilizando la técnica de palpación dorsal a la altura de las vértebras lumbares (Honhold et al., 1989), tanto al inicio como al final del periodo experimental, previo ayuno de 12 horas, iniciando las mediciones a las 4:00 am después de realizar la ordeña.

3.5. Disponibilidad y composición química del forraje:

Para los tres sistemas, las mediciones de disponibilidad de forraje se hicieron previamente al pastoreo. Para el SM, se utilizó el método tradicional del cuadrante (Harmony et al., 1997), el cual consiste en lo siguiente: en diez potreros, se eligieron al azar dos cuadrantes de 1.5 m de ancho por 1.5 m de largo. Cada punto de muestreo se delimitó con cuerda de plástico, recolectando la biomasa forrajera, haciendo un corte a una altura de 60 cm del suelo. En el SSPi, se utilizó el método tradicional del cuadrante con adaptaciones (Ayala et al., 2013). En diez potreros, se delimitaron al azar tres transectos rectangulares de 2 m de ancho por 4 m de largo, cada uno dividido en dos cuadrantes de 2 m ancho por 2 m de largo, considerando como la línea media del transecto la hilera de *L. leucocephala*. Cada punto de muestreo fue delimitado con cuerda de plástico y previo al pastoreo se recolectó de uno de los cuadrantes, la biomasa forrajera de *P. maximum* a una altura de 50 cm del suelo y las hojas y tallos tiernos de la *L. leucocephala*. Con el propósito de conocer el aporte nutricional de las dos plantas, se

evaluó la disponibilidad de *L. leucocephala* y de *P. maximum* después del pastoreo en la otra mitad del cuadrante, para estimar el consumo con la diferencia entre la oferta y el rechazo de los forrajes y de esta manera calcular el aporte de cada una a la dieta, en proporción a su consumo.

Por la heterogeneidad del SVN, se estimó la disponibilidad de las especies más consumidas por las cabras, seleccionándolas con el método de observación directa (Dumont et al., 1995) en el periodo de adaptación, conforme a lo siguiente: en dos cuadrantes de 400 m² se hizo seguimiento a cuatro cabras en intervalos de 15 minutos, registrando el número de mordiscos que realizaron a las plantas; la observación se realizó dos veces por cabra por cuadrante. Con estos datos se obtuvo la frecuencia en la que cada planta fue consumida, seleccionando con este criterio al grupo de especies con las mayores frecuencias. Del grupo elegido se tomó una muestra, mezclando las plantas en las proporciones que fueron consumidas, para hacer el análisis de la composición química. Para la disponibilidad, se realizó una adaptación del método de doble muestreo propuesto por Haydock y Shaw (1975). Las mediciones se hicieron en cuatro de los cinco potreros del SVN, en cada uno se realizó una caminata de reconocimiento, para seleccionar y delimitar con cuerda de plástico tres cuadrantes de referencia, con 10 m de ancho por 10 m de largo, clasificándolos visualmente por su disponibilidad forrajera en una escala de 1 a 3, donde el cuadrante 1 representó la menor disponibilidad, el 2 la disponibilidad media y el 3 la mayor disponibilidad. Luego, se hizo nuevamente un recorrido en zig zag por el potrero donde se indentificó cada 30 m el tipo de cuadrante según la clasificación de la disponibilidad de forraje; (1= Baja; 2= Media y 3= Alta), obteniendo la frecuencia de cuadrantes por cada potrero. En los cuatro potreros medidos se obtuvo un total de 62 cuadrantes donde el 15% fue de alta disponibilidad, el 40% de media disponibilidad y el 45% de baja disponibilidad. Finalmente, de los tres cuadrantes de referencia seleccionados en cada potrero, se cosecharon de las plantas seleccionadas como las más consumidas las hojas y tallos tiernos de arbóreas, arbustivas y enredaderas hasta una altura de 1.5 m a partir del suelo y la biomasa forrajera de gramíneas haciendo un corte a una altura de 20 cm del suelo.

Las muestras se almacenaron en bolsas de nylon para evitar pérdidas de humedad hasta obtener el peso. Finalmente, de los forrajes recolectados, se elaboró una muestra de 500 g por potrero por planta, mediante la técnica de cuarteo de Tejada (1992). Las muestras fueron puestas a 40° C hasta obtener peso constante obteniendo la materia seca (MS) y antes de ser analizadas se molieron con criba de 3mm. Se analizó proteína cruda (PC) con el método de Dumas (AOAC, 2005) con el equipo LECO 2013, fibra detergente neutro (FDN) con el método de Mertens (2002), fibra detergente ácido (FDA) con la metodología señalada por Van Soest et al. (1991), extracto etéreo (EE) con el método de Randall (Thiex et al., 2003), cenizas con el método 942.05 (Thiex et al., 2012), fenoles totales (FT) mediante el método Folin-Ciocalteu (Makkar, 2003), y taninos condensados (TC) con el método de Vanillina (equivalente a catequina) (Price y Butler, 1977).

3.6. Producción y composición de la leche:

La producción de leche en los tres tratamientos se obtuvo por medio del pesaje individual. La leche se extrajo mediante ordeño manual a las 4:00 am previo al pastoreo, garantizando un llenado de la ubre de 24 horas. Los pesajes de leche se realizaron semanalmente los días martes, miércoles y jueves, dejando dos días de descanso al inicio y al final de cada semana experimental. Para el análisis de la composición de la leche, se obtuvo una muestra de 35 ml de leche por cabra por día, durante los tres días de mediciones de producción, logrando una muestra final de 105 ml por animal por semana. La leche fue refrigerada a 4° C hasta completar la muestra semanal y luego fue congelada. Se utilizó un equipo de medición automática Lactoscan® para determinar el porcentaje de grasa, lactosa, proteína, minerales y sólidos totales.

3.7. Urea en suero:

Se tomaron dos muestras de sangre de la vena yugular: una en la segunda y otra en la tercera semana experimental, a cada una de las ocho cabras de los sistemas, garantizando un mínimo de seis horas de pastoreo previo al muestreo. Se utilizaron agujas Vacutainer® y tubos sin anticoagulante. Las muestras fueron puestas en refrigeración a 4° Celsius durante 72 horas con el objetivo de lograr la separación del suero. El suero fue conservado en congelación en

viales de 1.5 ml antes de ser analizado, usando un kit comercial para determinación de urea en suero (Wiener lab. 2000, Rosario – Argentina).

3.8. Evaluación económica:

Los indicadores económicos calculados para los tres sistemas fueron: costo variable/kilogramo de leche (CV/kg leche), utilidad o pérdida bruta (UB/PB), y porcentaje de rentabilidad sobre costos variables (%RCV), los cuales se obtuvieron siguiendo la metodología de Koppel et al. (1999) con las siguientes fórmulas:

1) Costo variable/kilogramo de leche

$$CV/kg\ leche = \frac{CV}{kg\ leche\ producidos}$$

2) Utilidad o pérdida bruta

$$UB/PB = Ingreso\ Total - CV$$

3) Rentabilidad sobre costos variables

$$\% RCV = \frac{UB/PB}{CV} \times 100$$

Los costos de: kilogramos de alimento balanceado, kilogramos de sal mineralizada, kilogramos de urea para fertilización, mano de obra por unidad animal (UA) en producción y horas de electricidad usadas para el riego; se registraron mediante el uso de formatos, durante las cuatro semanas experimentales para los tres sistemas de pastoreo. Los valores para cada tratamiento se reportaron en \$ USD (cambio para el mes de noviembre del año 2015 de \$17 pesos mexicanos por cada \$1 dólar estadounidense) y fueron ponderados por hectárea por mes.

3.9. Análisis estadístico:

Los datos de producción de la leche, se analizaron como medidas repetidas en el tiempo usando el procedimiento PROC MIXED del programa SAS (2009), bajo una estructura de covarianza simétrica compuesta. Los tratamientos, las semanas y la interacción tratamiento

por semana se incluyeron en el modelo como efectos fijos; mientras que la cabra dentro del tratamiento se consideró como el efecto aleatorio. Los datos de composición de la leche y urea en suero fueron procesados mediante análisis de varianza utilizando el procedimiento PROC GLM del programa SAS (2009). Los efectos fijos que se incluyeron en el modelo para estas dos variables fueron los tratamientos y las semanas y como efecto aleatorio se consideró a las cabras dentro de cada tratamiento. Para todos los datos las diferencias estadísticas fueron establecidas a $P < 0.05$, utilizándose la prueba de Duncan para identificar las diferencias entre medias. El peso, la condición corporal, la disponibilidad forrajera y la composición química del forraje, fueron analizados mediante estadística descriptiva usando como referencia los promedios, la desviación estándar y el error estándar según el caso.

4. Resultados

4.1. Peso vivo y condición corporal:

El peso y condición corporal de los animales en cada tratamiento, fueron similares al inicio y al final del experimento (Tabla 4).

Tabla 4. Peso vivo y condición corporal de las cabras en cada uno de los tratamientos

Componente	SVN	EE	SSPi	EE	SM	EE
Condición corporal inicial	3.0 [±0.2]	0.02	3.0 [±0.2]	0.02	3.0 [±0.3]	0.03
Peso vivo inicial (kg)	41.7 [±4.1]	0.51	41.6 [±4.0]	0.50	41.9 [±3.9]	0.48
Condición corporal final	3.0 [±0.2]	0.02	3.0 [±0.2]	0.02	3.0 [±0.3]	0.03
Peso vivo final (kg)	41.2 [±4.7]	0.58	42.6 [±4.5]	0.56	41.6 [±3.7]	0.46

EE: Error estándar

4.2. Selección de las plantas consumidas en el sistema de vegetación nativa:

En el SVN las cabras efectuaron mordiscos a 60 especies de plantas, pero su dieta se compuso principalmente por 13 de ellas (Tabla 5), las cuales representaron el 95% de los mordiscos observados (1428 mordiscos observados en total). El 5% restante fue el porcentaje de ingesta de las plantas menos seleccionadas por la cabras, por lo cual no se incluyeron para el muestreo en el presente trabajo.

De las especies seleccionadas el 37% fueron arbustivas leguminosas, el 21% enredaderas, el 6% herbáceas gramíneas, el 11% herbáceas no gramíneas y el 26% arbustivas no leguminosas (Figura 6.), dentro de las cuales *P. millspaughiana* aportó el 15% de este valor.

Tabla 5. Plantas consumidas por las cabras en el sistema de vegetación nativa

Tipo de planta	Nombre común	Nombre científico	%Ingesta
Arbustiva no leguminosa	Kat ku'uk	<i>Parmentiera millspaughiana</i>	15
Enredadera	Bejucos	<i>Ipomoea spp</i> <i>Dioscorea polygonoides</i>	12
Arbustiva leguminosa	Chukum	<i>Havardia albicans</i>	11
Arbustiva leguminosa	Sak y box káatsim	<i>Mimosa bahamensis</i> , <i>Senegalia gaumeri</i>	11
Arbustiva no leguminosa	Cruz k'iix	<i>Randia obcordata</i>	10
Herbácea no gramínea	Sak Chi'chi'bej	<i>Melochia pyramidata</i>	10
Enredadera	Pata de vaca	<i>Bauhinia divaricata</i>	8
Arbustiva leguminosa	Dziuche	<i>Pithecellobium dulce</i>	7
Arbustiva leguminosa	Ja'abim	<i>Piscidia piscipula</i>	6
Herbácea gramínea	Zacates	<i>Eragrostis spp</i> , <i>Chloris inflata</i>	5
N/A	Otros	N/A	5*

N/A: No Aplica *Valor correspondiente al porcentaje de ingesta del grupo de plantas menos seleccionadas.

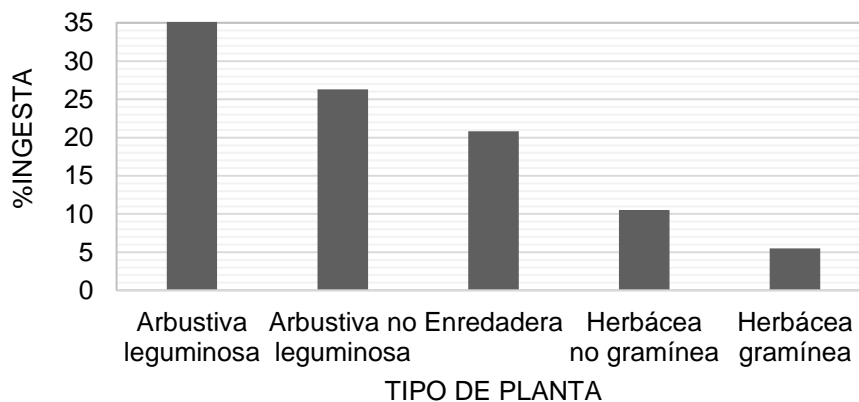


Figura 6. Porcentaje del consumo realizado por las cabras en el sistema de vegetación nativa según el tipo de planta.

4.3. Disponibilidad forrajera:

El sistema con mayor oferta de forraje fue el SM, el cual produjo más del doble de materia seca por ha. que el SSPi. El sistema con menor oferta de forraje fue el SVN, considerando únicamente la disponibilidad de las 13 plantas seleccionadas por las cabras en este sistema (Tabla 6).

Tabla 6. Disponibilidad forrajera en los tres sistemas de pastoreo.

Componente	SVN	SSPi	SM
Kg/MS/Ha	65 [±5]	1026 [±236]	2174 [±715]
Kg/MS/Potrero*	78 [±6]	84 [±19]	53 [±17]
g/MS/animal**/día*	864 [±67]	2803 [±644]	2641 [±869]

*Área del potrero y días de pastoreo especificados en la descripción de los sistemas. **10 animales en pastoreo.

4.4. Composición química del forraje:

En el SM y en el SSPi las gramíneas presentaron los valores más altos en fibra y los valores menores de proteína cruda, mientras que la *L. leucocephala* del SSPi y la mezcla de plantas en el SVN mostraron ser fuentes forrajeras proteicas, con menor porcentaje de fibra y mayor concentración de compuestos polifenólicos (Tabla 7).

Tabla 7. Composición química (base seca) de los forrajes en los tres sistemas de pastoreo.

Componente (%)	SM		SSPi		SVN
	<i>P. purpureum</i>	<i>P. maximum</i>	<i>L. leucocephala</i>	Mezcla dieta*	
Materia seca	18.50	24.60	25.50	42.10	
Proteína cruda	11.29	8.09	22.86	14.60	
Fibra detergente neutra	60.55	64.27	44.16	46.04	
Fibra detergente ácida	38.36	40.53	26.34	29.86	
Extracto etéreo	1.82	1.30	2.12	1.83	
Cenizas	10.33	7.58	7.05	7.20	
Taninos condensados	0.22	0.00	1.09	2.06	
Fenoles totales	0.94	0.68	1.44	1.42	

*Valores obtenidos de una muestra elaborada con las 13 plantas que componen la dieta de las cabras en las proporciones en que éstas fueron consumidas.

Debido a que el SSPi tuvo dos fuentes forrajeras y su composición química se evaluó por separado, con la estimación del consumo de la *L. leucocephala* (31.3% de consumo) y del *P. maximum* (68.7% de consumo) se calculó el aporte nutricional de la dieta, obteniendo: 12.71% PC, 57.98% FDN, 36.09% FDA, 1.56% EE, cenizas 7.41%, 0.34% TC Y 0.91% FT.

4.5. Producción y composición de la leche y concentración urea en suero:

La producción de leche por animal por día no fue diferente ($P < 0.05$) para ninguno de los tres sistemas de pastoreo (Tabla 8). En cuanto a su composición, los contenidos de grasa, proteína, lactosa, minerales y sólidos totales de la leche de las cabras del SM, fue menor ($P < 0.0001$) respecto al de la leche de las cabras en los otros dos sistemas de pastoreo, los cuales no presentaron diferencias estadísticas entre sí (Tabla 8).

Tabla 8. Producción, composición de la leche y niveles de urea en suero de las cabras en los tres sistemas de pastoreo.

Componente	SM	SVN	SSPi	EEM	<i>p</i>
Leche (g/animal/día)	905 ^a	937 ^a	824 ^a	0.087	0.64
Grasa (%)	4.57 ^a	5.05 ^b	5.03 ^b	0.087	<0.0001
Proteína (%)	2.87 ^a	3.02 ^b	3.01 ^b	0.018	<0.0001
Lactosa (%)	4.29 ^a	4.52 ^b	4.50 ^b	0.027	<0.0001
Minerales (%)	0.64 ^a	0.67 ^b	0.67 ^b	0.004	<0.0001
Sólidos totales (%)	12.40 ^a	13.29 ^b	13.23 ^b	0.111	<0.0001
Urea en suero (mmol/L)	6.60 ^a	4.76 ^b	7.90 ^c	0.286	<0.001

EEM: Error estándar de la media. Medias con literales distintos en las filas de la tabla presentan diferencias estadísticas ($P < 0.05$)

Por último, el nivel de urea en suero fue estadísticamente diferente ($P < 0.001$) para los tres tratamientos. El valor de urea de las cabras del SSPi estuvo por encima del rango normal de referencia para la especie (3.5 – 7.1 mmol/L) descrito por Kaneko et al. (2008).

4.6. Evaluación económica

Los tres sistemas de pastoreo fueron rentables, siendo el SVN el que presentó el mayor porcentaje de rentabilidad. Sin embargo, la utilidad bruta por área en este sistema fue la más baja (\$31.6 USD por ha. en un mes), comparada con el SSPi y el SM. El costo variable por kg de leche producida fue similar para los tres sistemas (Tabla 9).

Tabla 9. Ingresos, costos y algunos indicadores económicos de los tres sistemas de pastoreo de cabras en lactación

Componente	SVN	SSPi	SM	Precio Unitario
Cabras/ha	2	10	29	N/A
Kilogramos de leche producida/ha/mes	56	247	787	N/A
Ingreso por venta de leche (USD ha/mes)	\$49.4	\$217.9	\$694.4	\$0.88 USD/kg
*Alimento Balanceado (USD ha/mes)	\$6.0	\$31.8	\$100,1	\$0.32 USD/kg
*Sal mineralizada (USD ha/mes)	\$1.8	\$7.6	\$26.5	\$0.59 USD/kg
*Mano de Obra (USD ha/mes)	\$10.2	\$51.2	\$148.4	\$5.12 USD/cabra
*Electricidad para el riego (USD ha/mes)	\$0.0	\$13.4	\$20.5	\$0.71 USD/hora
*Fertilización con urea (USD ha/mes)	\$0.0	\$0.0	\$18.2	\$0.59 USD/kg
Costo variable total (USD ha/mes)	\$18.0	\$105.8	\$310.8	N/A
Costo variable kg de leche (USD ha/mes)	\$0.3	\$0.4	\$0.4	N/A
Utilidad bruta (USD ha/mes)	\$31.4	\$112.1	\$383.9	N/A
Rentabilidad sobre el costo variable por kg de leche producido (%)	175	106	124	N/A

*N/A: No aplica. *Los cálculos fueron realizados con algunos de los costos variables de mayor importancia en la producción, por el tiempo del estudio y falta de algunos datos o registros, no todos los costos implicados en los sistemas pudieron ser incluidos en la evaluación económica.*

5. Discusión y conclusión

Tomando en cuenta el peso vivo promedio de las cabras y asumiendo un consumo probable de MS del 3% del PV (NRC, 2007), se obtiene que la ingesta de MS diaria por cabra fue de 1.25 kg. En este sentido, en el SM y el SSPi se tuvo una disponibilidad forrajera suficiente para cubrir las necesidades de MS de los animales. Sin embargo, en el SVN, la oferta forrajera diaria se estimó en 864 g de MS por cabra, lo que cubriría el 69% de sus requerimientos; si bien en este sistema únicamente se evaluó la disponibilidad de las 13 especies más consumidas, se observó que las cabras efectuaron mordiscos a 60 especies. Al respecto, Flores et al. (2006) señalaron que este tipo de sistemas puede estar compuesto por más de 260 leguminosas con potencial forrajero. Atendiendo a estas consideraciones, si algún recurso forrajero del SVN disminuye su disponibilidad, es probable que las cabras por su anatomía y comportamiento ingestivo, se adapten y cubran sus requerimientos de consumo con otros recursos vegetales disponibles (Dziba et al., 2003; Egea et al., 2014).

En cuanto a la composición química de las dietas, el SVN fue el que presentó la mayor diversidad y aporte de PC (14.6%); valor similar al reportado por González et al. (2014). La vegetación del sistema también tuvo el menor contenido de FDN (46.0%) y FDA (29.9%) comparado con el SM y SSPi y la proporción de TC (2.06%) que presentó la mezcla de forrajes del SVN fue también la más alta de los tres sistemas. Algunos autores han reportado que las cabras, y principalmente aquellas que pastorean en ambientes tropicales con vegetación heterogénea, han desarrollado una mayor capacidad para consumir cantidades altas de compuestos secundarios; entre éstos los taninos, pues poseen mecanismos de detoxificación más eficientes que otros rumiantes domésticos (Silanikove et al., 1996; Silanikove, 2000; Provenza et al., 2006). De igual forma otros autores han propuesto, que los taninos presentan afinidad a las proteínas y se unen formando complejos, permitiendo así el sobrepaso de proteínas a nivel intestinal (Mueller-Harvey, 2006; Agrawal et al., 2014), logrando un mejor aprovechamiento de la PC de la dieta y reduciendo la posibilidad de exceder la cantidad de amoniaco en el rumen, que finalmente se transforma en urea en el hígado para lograr su detoxificación y excreción (Mueller-Harvey, 2006; Min et al., 2016). Vinculando los valores de la concentración de urea en suero obtenidos en el presente estudio, con las evidencias

expuestas, se puede sugerir que los TC del SVN influyeron en la regulación de nitrógeno proveniente de la dieta en el rumen, evitando el exceso de éste y disminuyendo el gasto energético requerido para su excreción (Nsahlai et al., 2004), situación que pudo afectar negativamente a las cabras del SSPi, pues la concentración de urea en suero refleja en gran medida hasta qué punto la ración está equilibrada en nitrógeno, tanto para las necesidades de los microorganismos del rumen, como con las del animal hospedador (Ørskov, 1988).

Los datos de producción de leche demuestran que a nivel individual, el SVN es capaz de sostener producciones similares a los sistemas mejorados, probablemente relacionado con el aporte alto en PC y bajo en FDN de la amplia variedad de especies que están presentes en éste sistema. Sin embargo, al estimar la producción diaria de leche por ha. se obtuvo para el SM 34 kg, para el SSPi 9.3 kg y para el SVN 0.72 kg, observando así que el SM y el SSPi permiten intensificar la producción, en respuesta a la mayor disponibilidad de biomasa forrajera generada en ambos sistemas (Sánchez, 1999). Esta intensificación se ve reflejada también en los valores de utilidad bruta obtenidos para el SM (\$383.9 USD ha/mes) y SSPi (\$112.1 USD ha/mes), los cuales permiten un margen de ganancia mayor al costo total de los principales manejos utilizados en cada sistema, facilitando al productor la posibilidad de crecimiento.

Con respecto a la composición de la leche de las cabras del SM, el menor contenido de grasa, proteína, lactosa, minerales y sólidos obtenidos, estaría en relación con el valor de FDN de la dieta; ya que Li et al. (2014), reportan que el aumento de FDN en cabras genera un aumento en el tiempo de masticación, disminuye la tasa de pasaje, consumo voluntario de MS y a su vez la producción de ácidos grasos volátiles en el rumen, entre estos el ácido acético, el cual suministra el carbono requerido para la síntesis de grasa en rumiantes (Hanson y Ballard, 1967). Con base en este planteamiento, la menor proporción de grasa y demás componentes de la leche en las cabras del SM, puede estar relacionado con un menor consumo de forraje y una dieta con menor aporte de PC, comparado con los otros sistemas.

El SVN destacó por ser un sistema forrajero muy diverso, con alto contenido de proteína, compuestos secundarios y baja fibra detergente neutra, siendo la calidad de la leche (proteína, grasa, lactosa y minerales) de las cabras en este sistema superior respecto al SM. El SVN no

obstante su riqueza proteica, resultó en los niveles más bajos de urea en suero, sugiriendo que los taninos en este sistema pudieron ayudar a evitar pérdidas de nitrógeno amoniacal en rumen. La producción individual de leche de cabra por día bajo los tres sistemas de pastoreo fue similar, sin embargo el rendimiento de leche por unidad de área de terreno fue mayor en el SM, intermedio en el SSPi y menor en el SVN; en correspondencia con la biomasa forrajera disponible encontrada en cada uno de los sistemas. Aunque el SVN fue el más rentable de los tres, el margen de utilidad bruta por ha/mes es bajo en comparación a los otros dos sistemas, lo que impide al productor crecer o mejorar su sistema de producción.

6. Agradecimientos

Se agradece al rancho caprino “Mi Viejo San Juan” por el préstamo de las instalaciones y las cabras para la realización de este experimento, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca que permitió la realización de los estudios de posgrado al autor principal y a los asesores y tutores que orientaron la planeación y desarrollo de esta investigación.

7. Referencias

- Agrawal, A.R., Karim, S.A., Rajiv Kumar, Sahoo, A. y John, P.J., 2014. Sheep and goat production: basic differences, impact on climate and molecular tools for rumen microbiome study, *International Journal of Current Microbiology and Applied Science*, 3(1), 684–706.
- Améndola, L., Solorio, F.J., Ku-Vera, J.C., Améndola-Massiotti, R.D., Zarza, H. y Galindo, F., 2016. Social behaviour of cattle in tropical silvopastoral and monoculture systems, *Animal*, 10(05), 863-867.
- AOAC, 2005. Official Method 968.06 Protein (Crude) In Animal Feed: Dumas Method, 25 - 26
- Ayala, A., Casanova, F. y Briceño, E. G., 2013. Guía para el manejo del pastoreo en bovinos de carne en sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI). En: M. X. Flores y B. Solorio (eds.), *Ganadería sustentable: 2da etapa del proyecto estratégico de prioridad nacional*, Michoacán de Ocampo, México, 189-203.
- Beltrán, S. y Loredo, C., 2014. Establecimiento y uso de arbustivas forrajeras. En: Comité Nacional Sistema Producto Caprinos (ed.), *Tecnologías en apoyo a la caprinocultura*, Vol. II, México D.F., Sistema Producto Caprinos, 17 – 20.
- Cannas, A., Paulina, G. y Francesconi, A.H.D., 2008. *Dairy goats feeding and nutrition*. Cabi, Bologna, Italy.
- Casanova-Lugo, F., Petit-Aldana, J., Solorio-Sánchez, F.J., Parsons, D. y Ramírez-Avilés, L., 2014. Forage yield and quality of *Leucaena leucocephala* and *Guazuma ulmifolia* in mixed and pure fodder banks systems in Yucatan, Mexico, *Agroforestry Systems*, 88(1), 29-39.
- Devendra, C., 1987. The role of goats in food production systems in industrialized and developing countries. En: Plenary Paper presented at the IVth World Conference on Goat Production, Brasilia, Brasil.
- Dziba, L.E., Scogings, P.F., Gordon, I.J. y Raats, J.G., 2003. Effects of season and breed on browse species intake rates and diet selection by goats in the False Thornveld of the Eastern Cape, South Africa, *Small Ruminant Research*, 47(1), 17-30.

- Dumont, B., Meuret, M. y Prod'hon, M., 1995. Direct observation of biting for studying grazing behavior of goats and llamas on garrigue rangelands, *Small Ruminant Research*, 16, 27 – 35.
- Egea, A.V., Allegretti, L., Lama, S.P., Grilli, D., Sartor, C., Fucili, M., Guevara, J.C. y Passera, C., 2014. Selective behavior of Creole goats in response to the functional heterogeneity of native forage species in the central Monte desert, Argentina, *Small Ruminant Research*, 120(1), 90-99.
- Escareño, L., Salinas-González, H., Wurzinger, M., Iñiguez, L., Sölkner, J. y Meza-Herrera, C., 2012. Dairy goat production systems, *Tropical Animal Health and Production*, 45(1): 17-34.
- Flores, J. S., Vermont-Ricalde, R. M. y Kantún-Balam, J. M., 2006. Leguminosae diversity in the Yucatan Peninsula and its importance for sheep and goat feeding. En: C. A. Sandoval-Castro, D. Hovell, J. F. J. Torres-Acosta y A. Ayala-Burgos (eds.), *Herbivores: assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds*, Nottingham, Reino Unido, BSAS, 291-299.
- González, P. G., Torres, J. F. J., Sandoval, C. A., Ventura, J. y Novelo, L., 2014. Aporte nutricional de las plantas consumidas por caprinos mediante el ramoneo/pastoreo de selva baja caducifolia. En: Comité Nacional Sistema Producto Caprinos (ed.), *Tecnologías en apoyo a la caprinocultura*, Vol. II, México D.F, Sistema Producto caprine, 47 - 50.
- Gutiérrez, J.M, 2014. Manejo de Ganado caprino en las praderas de humedad residual de la zona templada de México. En: Comité Nacional Sistema Producto Caprinos (ed.), *Tecnologías en apoyo a la caprinocultura*, Vol. II, Sistema Producto Caprinos, México D.F, 41 – 45.
- Haenlein, G.F.W., 2004. Goat milk in human nutrition, *Small Ruminant Research*, 51(2), 155-163.
- Hanson, R.W. y Ballard, F.J., 1967. The relative significance of acetate and glucose as precursors for lipid synthesis in liver and adipose tissue from ruminants, *Biochemical Journal*, 105(2), 529-536.

- Harmoney, K.R., Moore, K.J., George, J.R., Brummer, E.C. y Russell, J.R., 1997. Determination of pasture biomass using four indirect methods, *Agronomy Journal*, 89(4), 665-672.
- Haydock, K.P. y Shaw, N.H., 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture, *Animal Production Science*, 15(76), 663-670.
- Honhold, N., Petit, H. y Halliwell, R.W., 1989. Condition scoring scheme for small East African goats in Zimbabwe, *Tropical Animal Health and Production*, 21(2), 121-127.
- INEGI, 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Cansahcab, Yucatán Clave geoestadística 31009. Inegi.
- Kaneko, J.J., Harvey, J.W. y Bruss, M.L., 2008. *Clinical biochemistry of domestic animals*. Academic press. New York.
- Koppel, R.E.T., Ortiz, O.G.A., Ávila, D.A., Lagunes, L.J., Castañeda, M.O.G., López, G.I., Aguilar, B.U., Román, P.H., y Villagómez, C.J.A., 1999. Manejo de ganado bovino de doble propósito en el trópico, INIFAP. CIRGOC, Libro Técnico.
- Ku-Vera, J.C., Ayala-Burgos, A.J., Solorio-Sánchez, F.J., Briceño-Poot, E.G., Ruiz-González, A., Piñero-Vázquez, A.T., Barros-Rodríguez, M., Soto-Aguilar, A., Espinoza-Hernandez, J.C., Albores-Moreno, S. y Chay-Canul, A.J., 2013. Tropical tree foliages and shrubs as feed additives in ruminant rations. En: A. F. Salem (ed.) *Nutritional Strategies of Animal Feed Additives*, Nova Scientist Publishers, New York, USA, 59-76.
- Li, F., Li, Z., Li, S., d Ferguson, J., Cao, Y., Yao, J., Sun, F., Wang, X. y Yang, T., 2014. Effect of dietary physically effective fiber on ruminal fermentation and the fatty acid profile of milk in dairy goats, *Journal of dairy science*, 97(4), 2281-2290.
- Makkar, H. P., 2003. Measurement of total phenolics and tannins using Folin-Ciocalteu method. In *Quantification of Tannins in Tree and Shrub Foliage* (pp. 49-51). Springer Netherlands, 49 – 51.
- Mertens, D. R., 2002. Gravimetric determination of amylase-treated neutral detergent fiber in feeds with refluxing in beakers or crucibles: collaborative study, *Journal of AOAC international*, 85(6), 1217-1240.
- Min, B.R., Solaiman, S., Taha, E. y Lee, J., 2016. Effect of plant tannin-containing diet on fatty acid profile in meat goats, *Journal of Animal Nutrition*, 1, 1-5.

- Morand-Fehr, P., Boutonnet, J.P., Devendra, C., Dubeuf, J.P., Haenlein, G.F.W., Holst, P., Mowlem, L. y Capote, J., 2004. Strategy for goat farming in the 21st century, *Small Ruminant Research*, 51(2), 175-183.
- Mueller-Harvey, I., 2006. Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(13), 2010-2037.
- Nahed-Toral, J., Valdivieso-Pérez, A., Aguilar-Jiménez, R., Cámara-Cordova, J. y Grande-Cano, D., 2013. Silvopastoral systems with traditional management in southeastern Mexico: a prototype of livestock agroforestry for cleaner production, *Journal of Cleaner Production*, 57, 266-279.
- National Research Council, 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids, The National Academies Press. United States of America.
- Nsahlai, I.V., Goetsch, A.L., Luo, J., Johnson, Z.B., Moore, J.E., Sahl, T., Ferrell, C.L., Galyean, M.L. y Owens, M.L., 2004. Metabolizable energy requirements of lactating goats, *Small Ruminant Research*, 53, 253–273.
- Ørskov, E.R., 1988. Nutrición proteica de los rumiantes, *Acribia*, Zaragoza, 48.
- Peacock, C., 1996. The role of goats in developing countries. En: Peacock, C. (ed), *Improving Goat Production in the Tropics: A Manual for Development Workers*, Oxford: FARM-Africa and Oxfam, 2 – 4.
- Price, M. L., y Butler, L. G., 1977. Rapid visual estimation and spectrophotometric determination of tannin content of sorghum grain, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 25(6), 1268-1273.
- Provenza, F.D., 2006. Behavioural mechanisms influencing use of plants with secondary metabolites by herbivores. En: C.A. Sandoval-Castro, D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta, y A. Ayala-Burgos (eds), *Herbivores: the assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds*. Nottingham, Reino Unido, BSAS,
- Rios, G. y Riley, J.A., 1985. Preliminary studies on the utilization of the natural vegetation in the henequen zone of Yucatan for the production of goats, I. Selection and nutritive value of native plants, *Tropical Animal Production*, 10, 1 – 10.
- Salinas, H., 2014. Producción de leche de cabra en praderas irrigadas en las regiones norte y centro de México. En: Comité Nacional Sistema Producto Caprinos (ed), *Tecnologías*

- en apoyo a la caprinocultura, Vol. II, 2014 (Sistema Producto Caprinos, México D.F), 47 – 50.
- Sánchez, M.D., 1999. Sistemas agroforestales para intensificar de manera sostenible la producción animal en Latinoamérica tropical. En: Conferencia electrónica sobre Agroforestería para la producción animal en latinoamerica. Roma, Italia. URL disponible: <http://www.fao.org/ag/aga/agap/frg/Agrofor1/Sanchez1.htm>.
- Sanz, M. R., Chilliard, Y., Schmidely, Ph. y Boza, J., 2007. Influence of type of diet on the fat constituents of goat and sheep milk, *Small Ruminant Research*, 68(1), 42-63.
- S.A.S., 2003. 9.0 [computer program]. Cary, NC: SAS Institute.
- Silanikove, N., Gilboa, N., Nir, I., Perevolotsky, A. y Nitsan, Z., 1996. Effect of a daily supplementation of polyethylene glycol on intake and digestion of tannin-containing leaves (*Quercus calliprinos*, *Pistacia lentiscus*, and *Ceratonia siliqua*) by goats, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(1), 199-205.
- Silanikove, N., 2000. The physiological basis of adaptation in goats to harsh environments, *Small Ruminant Research*, 35(3), 181-193.
- Silanikove, N., Leitner, G., Merin, U. y Prosser, C.G., 2010. Recent advances in exploiting goat's milk: quality, safety and production aspects, *Small Ruminant Research*, 89(2), 110-124.
- Silanikove, N. y Koluman, N., 2015. Impact of climate change on the dairy industry in temperate zones: Predications on the overall negative impact and on the positive role of dairy goats in adaptation to earth warming, *Small Ruminant Research*, 123(1), 27-34.
- Tejada de Hernandez, I.R.M.A., 1992. Control de calidad y análisis de alimentos para animales. Sistema de educación continua, A. C. México.
- Thiex, N. J., Novotny, L. y Crawford, A., 2012. Determination of ash in animal feed: AOAC official method 942.05 revisited, *Journal of AOAC International*, 95(5), 1392-1397.
- Thiex, N. J., Anderson, S. y Gildemeister, B., 2003. Crude fat, diethyl ether extraction, in feed, cereal grain, and forage (Randall/Soxtec/submersion method): collaborative study, *Journal of AOAC International*, 86(5), 888-898.
- Torres, J.A., 2013a. Los sistemas de producción caprina y la agroforestería. En: Comité Nacional Sistema Producto Caprinos (ed.) *Tecnologías en apoyo a la caprinocultura*, Vol. I. México D.F., Sistema Producto caprino, 53 – 57.

- Torres, J.A., 2013b. Tecnologías agroforestales disponibles para la producción de caprinos. En: Comité Nacional Sistema Producto Caprinos (ed.) Tecnologías en apoyo a la caprinocultura, Vol. I. México D.F., Sistema Producto caprino, 58 – 63.
- Van Soest, P. V., Robertson, J. B., y Lewis, B. A., 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 74(10), 3583-3597.

CONCLUSIONES GENERALES

- Aun cuando el comportamiento productivo individual en cuanto a la producción de leche fue similar en los tres sistemas; el SM y el SSPi, obtuvieron una productividad por hectárea mayor que el SVN, lo cual es reflejo de la mayor intensificación que confieren ambos sistemas en términos de disponibilidad forrajera, producción de leche y utilidad por área de terreno.
- El SSPi y el SM tienen una mayor producción de biomasa forrajera que el SVN, pero la calidad de la dieta que ofrece el SVN es superior tanto por la diversidad de especies, como por su composición química (baja en fibra y alta en proteína cruda y taninos condensados).
- La producción de leche por individuo es similar en los tres sistemas de pastoreo, pero la calidad es mejor para el SVN y el SSPi (mayores porcentajes de grasa, proteína, lactosa, minerales y sólidos totales), respecto al SM.
- La rentabilidad sobre los costos variables por kilogramo de leche producida, es superior para el SVN. Sin embargo, la ventaja de los otros sistemas es que permiten una mayor intensificación, que propicia mayor utilidad bruta por hectárea.