



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

UTILIZACIÓN DE DIETAS CON *Gliricidia sepium* y
Guazuma ulmifolia SOBRE EL COMPORTAMIENTO
PRODUCTIVO EN OVINOS DE PELO Y LA DIGESTIBILIDAD *IN VITRO*

TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA:

Paulina Martínez Pérez

Asesores:

MVZ MC. Francisco A. Castrejón Pineda

IAZ MPA Dr. José Luis Valle Cerdán



México, D. F.

2014

Proyecto financiado por UNAM DGAPA PAPIIT IN215310



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A tu paciencia y comprensión, que preferiste sacrificar tu tiempo para que yo pudiera cumplir con el mío. Por tu bondad y sacrificio me inspiraste a ser mejor, ahora puedo decir que esta tesis lleva mucho de tí, gracias por estar siempre a mi lado, hasta donde pudiste,

Papá.

AGRADECIMIENTOS

A mi padre José Luis Martínez Morales, quien me enseñó los valores de la vida en especial la humildad, y me apoyó en la toma de mis decisiones como persona y profesionalista. ¡MUCHAS GRACIAS PAPIRRIN!

A mi madre Rosa Martha Pérez Hernández, por ser la dadora de vida, quien con su cariño me acompañó con desvelos y regaños, pero siempre cuidándome de no caer y hacer de mí una mujer derecha. Te admiró porque así como yo estoy terminando una etapa de mi vida, también estás superándote terminando la prepa. ¡TE QUIERO MAMIRINGA!

A mi hermana Ximena Martínez Pérez, quien a pesar de su carácter rebelde, me enseñó el instinto materno que traigo dentro. ¡TE QUIERO HERMANITA!

A mi tío José Pérez Hernández, quien con su sabiduría, me demostró el potencial que tengo para realizar las cosas y enseñarme de la vida, también el saber cómo identificar lo que la gente requiere, y que cada día que paso contigo aprendo más. ¡TE QUIERO MUCHO!

A mi tía Diana Hernández Guerrero, quien con su forma de ser me enseñó a ser directa con las cosas y enfrentar mis miedos, dándome los mejores consejos y apoyando mis planes y sueños. ¡TE QUIERO MUCHO!

A G. Aarón Cortes Carmona, quien me ha apoyado y acompañado en mis decisiones en cada semana laboral, cuidando que no me decaiga buscando soluciones y siempre haciéndome reír. ¡Te amo!

A la DGAPA, UNAM por el financiamiento al proyecto IN215310 y al Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la UNAM.

A mi asesor MC. Francisco Alejandro Castrejón Pineda, quien me apoyo desde el inicio de este proyecto, con sus consejos y su apoyo incondicional, por enseñarme los valores de la vida, y entender lo fuerte que puedo ser ante las circunstancias. ¡Muchas gracias! ¡Lo quiero mucho!

Al IAZ. José Luis Valle Cerdán a pesar de encontrarse lejos siempre estuvo cerca, para resolver mis dudas y apoyando lo que quería hacer para dejar listo este trabajo.

A mis amigos Rafael, Gabo, Paty, Nico, Manuel, Jona, Vale y Gustavo, porque gracias a ustedes aprendí a hacer muchas cosas en el laboratorio y en el departamento. Y a ti Gustavo por las correcciones y las enseñanzas para hacer este trabajo, y fomentar mis ganas de seguir aprendiendo.

A mi Inge Marco, que también me estuvo echando porras para terminar este trabajo.

A mis amigos laboratoristas, Martín, Elizabeth y Tere, que siempre están cuando necesitamos algo, nos escuchan y nos entienden, y si tenemos alguna duda nos explican y nos ayudan.

A mis amigos y sinodales, el MVZ. Antonio Ortíz Hernández, y MVZ. Luis Corona Gochi, por el trabajo en equipo, por sus exigencias para hacer posible este proyecto. También por las experiencias que me compartieron para mi vida profesional, con las que hicieron que viera las cosas de otra manera y motivaron mis ganas de seguir estudiando hasta el más mínimo detalle.

A mi amigo y jefe MVZ. Sergio Ángeles Campos, por ayudarme a terminar con éxito este proyecto, y también por compartir experiencias con las que me quedaré toda mi vida siendo su ayudante.

A mi amigo Joel mi dentista, quien siempre está apoyándome y aconsejándome.

A mis amigas de Proyecto Web que estuvieron apoyándome pasándome sus buenas vibras. ¡¡¡¡Las quiero mucho!!!!

Al Lic. Antonio Palacios quien confió en mí y me dio la oportunidad de aprender de su empresa. Es un placer trabajar con usted.

CONTENIDO

RESUMEN	1
I. INTRODUCCIÓN	3
1.1 ANTECEDENTES	5
1.1.1 La ovinocultura en México	6
1.1.2. Los ovinos de pelo en México	7
1.1.3 El alza en el precio de los granos	10
1.1.4 Alternativas de producción	10
1.1.5 Matarrata (<i>Gliricidia sepium</i>)	15
1.1.6 Cuaulote (<i>Guazuma ulmifolia</i>).....	18
1.1.7 Digestibilidad de los alimentos	20
II. JUSTIFICACIÓN	23
OBJETIVOS	24
HIPÓTESIS	24
III. MATERIAL Y MÉTODOS	25
3.1 Lugar donde se realizó la investigación.....	25
3.2 Características de los animales en experimentación.....	25
3.3 Duración de la fase de campo	25
3.4 Alojamiento y manejo de los animales.....	26
3.5 Tratamientos y diseño experimental	27
3.6 Evaluación de las variables productivas	31
3.6.1 Consumo de alimento	31
3.6.2 Ganancia de peso	32
3.6.3 Conversión alimenticia	32
3.7 Prueba de digestibilidad <i>In vitro</i>	32
3.8 Composición de las dietas.....	33
3.8.1 Análisis Químico Proximal	33
3.8.2 Fracciones de la fibra, contenido celular y carbohidratos no fibrosos. ..	33
3.8.3 Fracciones de la proteína.....	34
3.9 Análisis estadístico	34
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1 Composición química de las dietas (tratamientos).	35
4.2 Digestibilidad <i>In vitro</i>	37
4.3 Variables productivas	39
4.3.1 Consumo de materia seca (CMS).....	39
4.3.2 Ganancia de peso.	41
4.3.3 Conversión alimenticia (CA).....	42
V. CONCLUSIONES.....	45
LITERATURA CITADA.....	46
ANEXO A. DIGESTIBILIDAD <i>IN VITRO</i> DE FORRAJES.	54
FIGURAS	57
CUADROS	57

RESUMEN

MARTÍNEZ. PÉREZ PAULINA. Utilización de dietas con *Gliricidia sepium* y *Guazuma ulmifolia* sobre el comportamiento productivo en ovinos de pelo y la digestibilidad *In vitro*. (Bajo la dirección de M en C Francisco Alejandro Castrejón Pineda y IAZ MPA Dr. José Luis Valle Cerdán).

Con el objetivo de comparar el comportamiento productivo: consumo de materia seca (CMS), ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA) de ovinos alimentados con pasta de soya como principal fuente de proteína vs ovinos alimentados con dietas en las que soya se sustituyó parcialmente por heno de hojas de *Gliricidia sepium* (**GS**), *Guazuma ulmifolia* (**GU**), y una mezcla *Guazuma-Gliricidia* (**GS-GU**). El estudio se realizó en el Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTA) No. 194, ubicado en Miacatlán, Mor., a una altitud de 1,054 msnm, precipitación media anual de 800 mm, clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw1) y temperatura media anual de 22 a 26°C. Se utilizaron 16 ovinos criollos (encastados pelibuey x blackbelly), machos recién destetados, peso inicial de 19 ± 1.66 Kg (anterior al periodo de adaptación). Se distribuyeron en un diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos (dietas) y 4 ovinos (repeticiones) en cada tratamiento. Las dietas fueron balanceadas para hacer un aporte isoproteico e isoenergético y con un porcentaje de fibra similar. Las dietas incluyeron en BS: testigo (**T1**) pasta de soya (PS, 16%), maíz molido (MM, 49.60%), pasto buffel (PB, 27%), melaza (M, 4%), premezcla mineral (PM, 1%), sal (S, 0.5%), grasa de sobrepeso (G, 0.5%), urea (U, 1.4%). El **T2** incluyó (PS, 8%), (MM, 46%), cocuite (GS, 30%), (PB, 8.7%), (M, 4%), (PM, 1%), (S, 0.5%), (G, 0.5%), (U, 1.3%). El **T3** incluyó (PS, 8.8%), (MM, 43.40%), cocuite-guácimo (GS-GU, 18%), (PB, 4.5%), (M, 4%), (PM, 1%), (S, 0.5%), (G, 0.5%), (U, 1.3%). El **T4** incluyó (PS, 10.30%), (MM, 42%), (GU, 38.3%), (PB, 2%), (M, 4%), (PM, 1%), (S, 0.5%), (G, 0.5%), (U, 1.4%). Los ovinos se adaptaron 12 días al manejo y dieta, se alojaron en corraleta individual (3 m² aprox.), con bebedero y comedero, fueron desparasitados al inicio del periodo de adaptación (Ivermectina, 200µg/Kg PV) y vitaminados (2 mL vitaminas ADE). Al término de este periodo se registró el peso inicial y dio inició la prueba para medir el comportamiento productivo. Agua y alimento se ofrecieron *ad libitum*. La cantidad de alimento se ajustó de acuerdo al consumo del día anterior ofreciendo 10% adicional a la cantidad consumida. Ésta aumentó 15 % cuando no hubo rechazo. La digestibilidad *in vitro* de la MS (DIVMS) de las dietas se estimó utilizando la técnica de Tilley y Terry. El análisis estadístico de CMS, GDP y CA para el diseño experimental mencionado se realizó usando como covariable el consumo total de MS. El CMS promedio \pm desviación estándar (g MS d⁻¹) fue distinto entre tratamientos ($P < 0.05$): 829.63^b \pm 85.8; 571.43^d \pm 137; 609.02^c \pm 77.6 y 848.64^a \pm 12.8. La GDP (g d⁻¹) fue distinta ($P < 0.05$) entre tratamientos: 161.63^a \pm 50.5; 64.78^b \pm 52.4; 92.43^b \pm 29.3 y 165.2^a \pm 18.7. La CA fue distinta ($P < 0.05$) entre tratamientos: 5.562^b \pm 1.83; 11.385^a \pm 4.66; 7.097^{ab} \pm 2.20 y 5.182^b \pm 0.53, para **T1**, **T2**, **T3** y **T4**, respectivamente. La DIVMS fue similar ($P > 0.05$) entre tratamientos (**T1**

83.9^a ± 1.3, **T2** 84.83^a ± 1.5, **T3** 84.32^a ± 3.8 y **T4** 77.76^b ± 1.3). Se concluye que la sustitución parcial de pasta de soya por heno de hojas de *Gliricidia sepium*, o la mezcla de heno de hojas de *Gliricidia sepium*- *Guazuma ulmifolia* (50:50 % de ambas arbóreas) en la ración de ovinos de pelo en etapa de crecimiento, disminuye el comportamiento productivo de los animales sin que el efecto se deba a alteración de la DIVMS. En cambio la sustitución parcial de pasta de soya por heno de hojas de *Guazuma ulmifolia* produjo comportamiento productivo similar de los animales de la dieta testigo.

I. INTRODUCCIÓN

En México, hace algunas décadas comenzó a difundirse la engorda de ovinos basada en una dieta con inclusión elevada de granos. Debido al precio del cordero resultó ser inicialmente una buena alternativa rentable, sin embargo, a partir del año 2006 comenzaron a elevarse los precios de los granos, por lo que la rentabilidad de estos sistemas se vio gravemente afectada. Por esta situación, la producción ovina en México en los últimos años ha buscado en los forrajes, alternativas que permitan disminuir el costo de producción. Además la fácil adaptación y características productivas de las razas de ovinos de pelo como pelibuey, katahdin y blackbelly ha favorecido que su número de cabezas en México se incrementen. No obstante que en los últimos años la ovinocultura mexicana ha mostrado una considerable transformación, en la que se ven cada vez más productores con orientación empresarial y engordas intensivas con animales estabulados, la gran mayoría de los rebaños son mantenidos bajo sistemas de pastoreo.⁽¹⁾

Actualmente los ovinocultores tradicionales siguen manteniendo a sus animales pastando en los terrenos que venían utilizando, es decir pastizales y agostaderos principalmente; mientras que los nuevos ovinocultores lo hacen en praderas donde antes pastaban bovinos u otros herbívoros, en terrenos agrícolas convertidos en lugares de pastoreo e incluso ganando espacios a terrenos forestales. Hoy en día, los bienes y servicios que se obtienen de la ganadería son esenciales para las sociedades rurales y urbanas, por lo tanto, el reto es garantizar que se sigan produciendo en cantidad y calidad sin deteriorar más la base de recursos naturales formada por el suelo, el agua, el aire y la diversidad biológica.⁽¹⁾

Una alternativa factible es promover la integración de especies arbóreas en los terrenos de pastoreo; lo cual ha sido una práctica antigua y común en muchas partes del mundo, y que está siendo revalorado como estrategia para suplir las deficiencias de los sistemas de producción “modernos”, La industria ovina mexicana solo puede mantener su rentabilidad a largo plazo si se adoptan sistemas de producción amigables con el ambiente⁽¹⁾.

El fin zootécnico de la ovinocultura nacional es principalmente la producción de carne, por ello es necesario que la alimentación de los ovinos sea a menor costo para obtener un margen de utilidad para los productores. Sin embargo, el gran deterioro de los suelos dificulta que se produzcan suficientes recursos forrajeros de calidad durante todo el año ^(2, 3). En la mayor parte del país la base de la alimentación de los ovinos son las gramíneas. Durante la época de secas el ganado no cubre sus requerimientos ya que los pastos disminuyen en disponibilidad, presentan menor contenido de proteína cruda (PC), mayor contenido de fibra y por tanto menor digestibilidad, lo que disminuye el consumo; repercutiendo negativamente en los parámetros productivos y reproductivos de los animales, a menos que se les complemente con concentrados que resultan muy costosos ^(4, 5). Situación por lo cual es necesario implementar sistemas de producción sostenibles que favorezcan la calidad y capacidad de los suelos y que al mismo tiempo logren que la producción ovina sea rentable. ^(4, 5)

Por las razones anteriores se proponen alternativas que permitan la recuperación de los suelos y disminuyan la dependencia alimentaria basada en concentrados. Esto se ha logrado creando sistemas alternativos de producción en donde la asociación de leguminosas arbóreas y arbustivas con pastos de la región favorecen la fijación de nitrógeno en el suelo y por tanto la calidad del forraje y la recuperación de áreas degradadas ^(4, 6, 7, 8).

El contenido de proteína de estas arbóreas y arbustivas, generalmente superior al de las gramíneas, hace posible reducir la inclusión de otros ingredientes de mayor costo en la alimentación de los ovinos en engorda (como la pasta de soya) por lo que su uso ha ido en aumento en los últimos años ^(4, 6).

1.1 ANTECEDENTES

A nivel mundial el consumo de carne de ovino ocupa el cuarto lugar, representando el 5% del consumo mundial de cárnicos y ha ido en aumento. De acuerdo con las estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ⁽⁹⁾ el hato mundial de ovinos está cerca de los 1,080 millones de cabezas y la producción anual de carne ovina es de 8.5 millones de toneladas, destinándose al comercio mundial solo el 9% de esta. China cuenta con el mayor hato ovino (Cuadro 1) y es el primer productor mundial de carne ovina (Cuadro 2), sin embargo es también un importador significativo (Cuadro 4). Australia es el segundo lugar en inventario, producción y exportaciones mientras que Nueva Zelanda a pesar de ser el tercer productor mundial de carne de ovino, es el primer exportador mundial (Cuadro 3). En cuanto a importaciones Francia es el mayor importador y México el octavo. El consumo per cápita es destacado en Nueva Zelanda siendo de 32 kg al año, 17 kg en Australia y 15 kg en Uruguay, contrastando con el consumo en México de apenas 0.803 kg (2007), lo cual implica una gran oportunidad de ampliar el consumo y por ende la demanda y la producción ⁽⁹⁾.

Cuadro 1. Países con mayor inventario Ovino 2011 FAOSTAT⁽⁹⁾

País	No. de cabezas
China	138,840,219
Australia	73,098,800
India	74,500,000
Irán	49,000,000

Cuadro 2. Principales países exportadores de carne de ovino 2010 FAOSTAT ⁽⁹⁾

País	Exp (ton)
N. Zelandia	373,985
Australia	298,255
Reino Unido	84,098
Irlanda	45,824
India	35,559

Cuadro 3. Países con mayor producción de carne de ovino 2011 FAOSTAT ⁽⁹⁾

País	Producción(ton)
China	2,050,000
Australia	512,744
N. Zelandia	465,318
Reino Unido	289,000

Cuadro 4. Principales importadores de carne de ovino 2010 FAOSTAT ⁽⁹⁾

País	Imp (ton)
Francia	129,257
Reino Unido	113,832
E.U.A	83,661
China	68,149
Arabia Saudita	58,478

1.1.1 La ovinocultura en México

La producción ovina en nuestro país está extendida en todo el territorio nacional, pero un gran número de las cabezas del inventario nacional, que es de 8, 105, 560.0 cabezas, se concentra en los estados del centro del país como Hidalgo y el Estado de México (19.14 y 12.96%, respectivamente) seguidos de Oaxaca, Veracruz, San Luis Potosí y Puebla ⁽¹⁰⁾.

En la última década el inventario ha crecido significativamente, contrario a lo que ocurre con otras especies y si el incremento no ha sido mayor es debido en gran parte a las importaciones de carne.

La producción de carne en el país va aumentando en los últimos años (Figura 1) y para el año 2010 fue de 54,966 toneladas ⁽⁹⁾, sacrificando poco más del 30% del inventario, cuando en otros países, este indicador de eficiencia supera el 50%. Esto significa que cada borrega apenas produce de 10-15 kg de carne al año y sumado a los problemas de fertilidad, baja prolificidad, alta mortalidad y bajas tasas de destete, indica que la situación productiva es ineficiente. Por otro lado el consumo de carne ovina va en aumento, lo que abre una ventana de oportunidad para los productores; lamentablemente la brecha entre el consumo y la producción es actualmente cubierta con importaciones. Sin embargo la ovinocultura nacional tiene buenas posibilidades de desarrollo pues la carne de ovino es la mejor pagada; existe una demanda insatisfecha, crecimiento del mercado interno y posibilidades de diversificar la oferta de productos con valor agregado ⁽¹¹⁾.

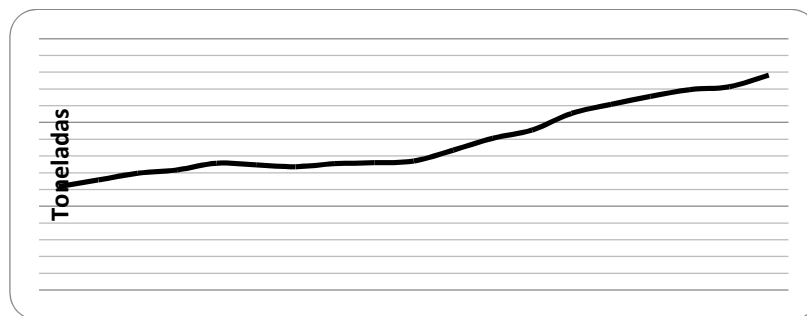


Figura 1. Producción de carne de ovino en México 1990-2010 FAOSTAT ⁽⁹⁾

El sistema de producción que aún predomina en la mayor superficie del país es el extensivo que tiene como base de alimentación para los animales el pastoreo en agostaderos naturales y en el cual se invierte muy poco en infraestructura, sanidad y mano de obra que generalmente es familiar. Esto permite que los costos de producción por kilogramo sean bajos; sin embargo, la mala condición de los pastizales, los periodos de sequía y las malas o escasas prácticas sanitarias provocan desequilibrios nutricionales, los cuales, debido a que en este sistema de producción las prácticas de suplementación alimenticia son nulas, elevan el porcentaje de mortalidad, sobre todo en corderos ⁽¹¹⁾.

Por la situación anterior desde hace una o dos décadas se aumentó la forma de producción bajo un sistema intensivo de estabulación total, en el cual la alimentación se basa en la utilización de insumos de alto valor nutritivo (granos y pastas oleaginosas). Además en una producción intensiva se tienen programas definidos de medicina preventiva y manejo reproductivo del rebaño, lo cual resulta en mejores parámetros productivos. Sin embargo la infraestructura y equipos utilizados representan una inversión importante que aunada al valor de la tierra, la mano de obra asalariada y la inestabilidad en los mercados internacionales de granos y oleaginosas, elevan significativamente los costos de producción ⁽¹¹⁾.

1.1.2. Los ovinos de pelo en México

Actualmente los ovinos de pelo en México han cobrado mucha importancia, la cual se puede observar en el hecho de que en la Asociación Mexicana de Criadores de Ovinos (AMCO) el 80% de los animales registrados son con cobertura de pelo ⁽¹⁾. La raza más antigua y con mayor número de cabezas es la pelibuey, seguida de la blackbelly y más recientemente se han importado santa cruz, katahdin, dorper y damara.

En los años 70 el 95% de los ovinos que había en México eran criollos de procedencia diversa probablemente algunos de las razas churra y lacha de España, siendo casi desconocidos los ovinos de pelo, y solo el 5% eran ovinos de razas puras entre ellas rambouillet, suffolk, corriedale, hampshire, dorset y pelibuey

también llamado Tabasco. Sin embargo, con el tiempo el número de esta última fue incrementando, sobre todo en el trópico, donde los utilizaron para producir carne a menor costo aprovechando los recursos forrajeros. Más recientemente se les introdujo al altiplano donde se hicieron cruzas para aprovechar la heterosis y evitar la estacionalidad. Actualmente en todo el territorio Mexicano se pueden encontrar ovinos de pelo ⁽¹⁾.

1.1.2.1 Origen

Los ovinos de pelo de México son originarios de la costa occidental de África y se cree que llegaron a América junto con los esclavos que se traían para trabajar las tierras. Al parecer, llegaron a México de Cuba por la península de Yucatán entre 1930 y 1940 ⁽¹⁾.

1.1.2.2 Características

Los ovinos de pelo en América por lo general no presentan cuernos, a diferencia de sus ancestros de África. Se cree que se debe a una selección que se hizo al transportarlos en barco pues sin duda era más fácil hacerlo si no tenían cuernos. Los ovinos de pelo tienen una gran rusticidad pues se han adaptado a condiciones extremas. A diferencia de los ovinos de lana, se pueden reproducir en distintos periodos en el año y tienen un comportamiento maternal excelente. Pueden criar de dos a tres corderos (principalmente la oveja pelibuey y panza negra) y si se les da un buen manejo los corderos tienen ganancias de peso superiores a los 200 g d⁻¹ ⁽¹⁾.

1.1.2.3 Principales razas ovinas de pelo

Pelibuey o Tabasco. Es la raza más estudiada en México pues desde los años 60 se han hecho estudios sobre ellos. En 1963 se escribió el primer trabajo por Ruz (1963) titulado “Modificaciones de la piel y la capa lanosa en los borregos de Tabasco” ⁽⁵⁸⁾. La AMCO ha estandarizado los colores permitidos en canelo, blanco y pinto ⁽¹²⁾.

Katahdin. Es una raza originada en Estados Unidos a partir de cruces de Suffolk, Wiltshire Horn y St. Croix. Generalmente son de color blanco, pero también hay de color café marrón y pinto. Presentan buenas ganancias de peso debido a que en su formación está incluida la raza Suffolk considerada de alto rendimiento. Además tiene una excelente habilidad maternal ⁽¹³⁾.

Blackbelly o panza negra. Es otra de las razas de pelo más utilizada y extendida. Su color característico es pardo rojizo en la capa y negro en la parte interior de las orejas, la quijada, el mentón, la garganta, el pecho, el vientre, la región axilar e inguinal y la cara interior de las piernas. Además, tiene una franja que surge encima de cada ojo y se extiende hasta la punta del morro. Los machos adultos también tienen color negro en la región occipital. Una característica importante del Blackbelly es su elevada fertilidad y prolificidad ⁽¹⁴⁾.

Dorper. Raza desarrollada en Sudáfrica en los años 40, resultado de la cruce de Persa cabeza negra con Dorset Horn. Es un animal de cuerpo grande y musculoso, de color blanco y cabeza negra. En México se conoció hasta hace algunos años cuando en 1995 se importó semen, y al siguiente año llegó el primer Dorper vivo. Esta raza se ha explotado principalmente en el altiplano en sistemas intensivos pero en la actualidad se está probando en otros sistemas ⁽¹⁵⁾.

Existen otras razas de pelo en el país y muchas otras que aún no tenemos en México y que no pueden ingresar debido a que en su país de origen existen enfermedades exóticas para México. Pero las que sí están en el territorio se han extendido y cruzado con otras razas favoreciendo la rusticidad y otras características de los ovinos en México ⁽¹⁾.

1.1.3 El alza en el precio de los granos

En la finalización de ovinos en corral casi el 70% del costo total de producción de un kilogramo de carne está representado por la alimentación, y actualmente el alto costo de los granos impacta directamente en los costos de alimentación. De acuerdo con algunos datos, el costo de producción de un kilogramo de carne de ovino en un sistema intensivo es de \$20 y dependiendo del precio de venta (entre \$23 y \$38 el kg), la producción sigue siendo rentable pero con un margen de ganancia mínimo.⁽¹¹⁾

El precio de los granos ha ido en aumento desde el año 2006 y sigue inestable hasta la fecha. En parte se debe al uso alternativo que se les ha dado para elaborar biocombustibles y al aumento en el precio de la gasolina. En solo dos años el precio se duplicó, afectando negativamente los costos de producción pecuaria. El maíz oscilaba en el 2006 un precio de 93.23 dólares por tonelada y para el año 2008 llegó a los 203.52 dólares la tonelada. Por su parte la soya de adquirirse en 2006 a 208.90 dólares la tonelada, alcanzó los 488.05 dólares por tonelada en 2008⁽¹⁶⁾. Lo anterior repercutió sobre la producción de ovinos basada en granos y pastas de oleaginosas, ya que el costo para producir un kilogramo de carne de ovino aumentó en ese último año el 16%⁽¹⁶⁾.

Los productores no pueden influir sobre el precio de venta, ni sobre los precios de los granos y forrajes, por lo tanto deben intervenir en los parámetros reproductivos y prácticas de medicina preventiva, y sobre todo en disminuir los costos de alimentación.

1.1.4 Alternativas de producción

El alza en el precio de los granos ha llevado a los productores a buscar alternativas que reduzcan los costos de producción. Desafortunadamente desde hace muchos años se ha visto que al destruir grandes extensiones de bosques y selvas para dar paso a pastizales en donde el ganado pueda pastorear, se provoca un deterioro ambiental que a mediano plazo perjudica más la producción. Además, las ganancias

de peso en los sistemas extensivos basados únicamente en el pastoreo de gramíneas no son muy llamativas. Es por eso que una de las alternativas de producción que pretende disminuir el daño al ambiente y mejorar los parámetros productivos a bajos costos son las prácticas agroforestales que integran árboles y arbustos en la producción animal, y que pueden dar pie a que se desarrollen producciones sustentables en un futuro ⁽¹⁷⁾.

Los árboles y arbustos que se utilizan en estos sistemas de producción deben contar con las siguientes características: tener múltiples usos (cerco vivo, sombra, maderables, medicinales u ornamentales), permitir que debajo del dosel crezcan otras especies, tener efectos favorables sobre la conservación de los suelos (ya que las raíces de los árboles pueden llegar a horizontes más profundos y absorber nutrientes que posteriormente con la caída de follaje, ramas y frutos, retornan a la superficie), otra ventaja es que pueden resistir ante repetidas podas (buena habilidad de rebrote). De igual forma se prefiere que estos árboles y arbustivos tengan una composición nutricional de buena calidad para cubrir las deficiencias de las gramíneas, principalmente en porcentaje de proteína ⁽¹⁷⁾. Una de las prácticas agroforestales que ha tomado más importancia es el sistema silvopastoril (SSP).
(1,18)

1.1.4.1 El silvopastoreo

Este sistema de producción se define como una práctica agroforestal que combina la producción de árboles, plantas forrajeras y ganado en la misma superficie con el objetivo de encontrar la estabilidad ambiental, social y económica¹⁸; por tanto, se entiende que es una complementación de actividades cuyos objetivos individuales son la producción de madera, forraje y carne; pero que en conjunto logran producir un sistema económicamente viable, ambientalmente equilibrado y socialmente justo. Cuando el ganado pastorea en la misma superficie en que los árboles plantados se desarrollan, se aprovecha el confort que la sombra de estos genera y los cambios en la calidad de las gramíneas. Para que el sistema funcione de manera

óptima deben integrarse conocimientos de ganadería y forestación, algunos deben modificarse y deben incorporarse nuevos conocimientos. (1,18)

Los componentes del sistema silvopastoril son: el animal, los árboles y los pastos; sin embargo, también se toma en cuenta al suelo y al hombre como parte del sistema. En cuanto al componente forestal se debe compensar la menor cantidad de madera producida (debido a la menor densidad de árboles por hectárea para evitar disminución del crecimiento de los pastos por exceso de sombra) así como la calidad de la misma, esto se logra con las podas y los raleos.

La actividad de raleo es cortar los árboles inferiores en calidad permitiendo que los seleccionados crezcan mejor alcanzando grandes diámetros, además de permitir la entrada de luz para los pastos.

Las podas consisten en eliminar las ramas bajas de los árboles para que estos crezcan sin nudos; es decir, que la madera producida sea de mejor calidad y por tanto se obtenga de su venta un mayor precio final.

Los animales pueden entrar a pastorear en el potrero cuando los árboles hayan superado el horizonte de pastoreo de la especie a introducir y se espera que el tiempo entre la plantación y el primer pastoreo no sea demasiado. Una de las configuraciones más utilizadas es la de líneas dobles con callejones que los separan, en los cuales se puede sembrar pastos (para reservas forrajeras de invierno) o cultivos anuales de soya y maíz (Figura 2).

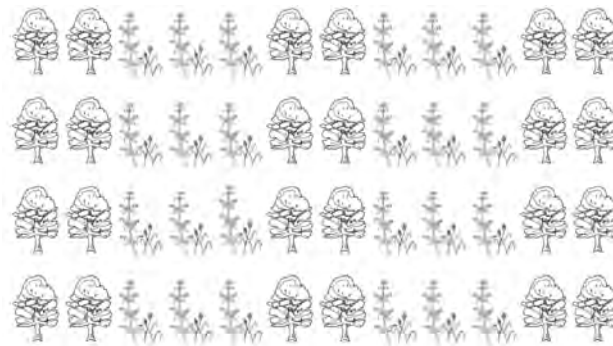


Figura 2. Líneas dobles con callejones sembrados con maíz

Con respecto a los otros componentes del sistema silvopastoril; el animal y el pasto se benefician del componente forrajero de varias maneras. En primer lugar el animal no se siente cómodo pastoreando bajo el sol y por tanto su consumo disminuye así como la producción, pero la sombra de los árboles en el silvopastoreo le proporciona un mayor confort, lo que incrementa el tiempo de pastoreo evitando estas consecuencias. Los árboles además protegen a los animales de las bajas temperaturas y los vientos. Los pastos que crecen bajo los árboles desarrollan menos estructuras de sostén en las paredes celulares (hemicelulosa, celulosa y lignina), por lo que la proporción de componentes como carbohidratos no estructurales, compuestos nitrogenados y lípidos es mayor, además la floración se retrasa resultando así en pastos de mejor calidad. ⁽¹⁸⁾

Por otra parte gracias a la ganadería se puede contar con capital circulante, algo que en el caso de producciones exclusivamente forestales no sucede. Es así que se complementan las ventajas de una actividad con las desventajas de otra. En cuanto a la sustentabilidad ambiental, los sistemas silvopastoriles ofrecen el servicio ambiental de captura del carbono que las empresas contaminantes liberan ⁽¹⁹⁾. Además evitan la erosión que se genera con el desmonte que generalmente se realiza para criar ganado ⁽¹⁸⁾.

En los trabajos que se han realizado con ovinos en sistemas de silvopastoreo y suplementación (o complementación) con follaje de arbóreas, se han obtenido resultados positivos en consumo de materia seca (CMS) y en ganancia diaria de peso. Por ejemplo Ku Vera *et al.* (1998)⁽²⁰⁾ reportaron que la incorporación de niveles crecientes del follaje de especies arbóreas (*G. sepium* y *B. alicastrum*) incrementó el CMS mayor a 1kg MS en los tratamientos con 30 y 45% de inclusión de *G. sepium* y *B. alicastrum*, respectivamente ⁽²⁰⁾. Sosa Rubio *et al.* (2004) observaron las mejores ganancias de peso en los tratamientos con mayor inclusión (75 y 100%) de follaje de las arbóreas *G. ulmifolia*, *P. piscipula*, *C. obtusifolia*, *V. gaumeri* y *G. arborea*, reportando ganancias de peso de 130, 125 y 120 gramos/ animal/ día con 100 % de inclusión, en el caso de *V. gaumeri*, *G. arborea* y *G. ulmifolia*,

respectivamente. Palma y Huerta (1999) ⁽²¹⁾ registraron ganancias diarias de peso de más de 150 g/ animal/ día, en todos los tratamientos (0, 10 y 20% de inclusión) utilizando *L. leucocephala*. En un experimento con pastoreo restringido en Morera (*Morus alba*) Lara *et al.* (2007)⁽²²⁾ obtuvieron mayor CMS y mejores pesos al nacimiento y al destete que el grupo testigo alimentado con base en pastoreo de pasto estrella más 250 g d⁻¹ de concentrado.

México es un país rico en recursos naturales sobre todo en diversidad de especies vegetales. Empíricamente ya se han utilizado árboles y arbustos como cercas vivas, para sombra, como recursos medicinales, ornamentales y forrajeros desde hace tiempo, pero su aprovechamiento en la alimentación no ha sido estudiado lo suficiente, ya que aún no se establece un nivel óptimo en la dieta que permita obtener una mayor productividad. Por lo tanto, aún es necesario estudiar los efectos de su utilización sobre el comportamiento productivo de los ovinos.

Existen muchas especies de leguminosas arbóreas con alto contenido de proteína que podrían utilizarse de una mejor manera en la alimentación ovina en el trópico, tales como *Gliricidia sepium*, *Leucaena leucocephala* y *Erithrina spp.* Existen también otras especies arbóreas con un buen contenido proteínico que al parecer son del agrado del ganado, entre ellas *Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum* y *Simarouba glauca* ^(5, 23). El alto contenido de nutrientes de *Gliricidia sepium* está bien documentado ^(4, 5, 6, 24,25) y hace algunos años *Guazuma ulmifolia* comenzó a llamar la atención de algunos investigadores ^(2, 4, 5). Sin embargo, como ya se mencionó no se ha estudiado a detalle el efecto de su inclusión en dietas de engorda en un ciclo de engorda.

1.1.5 Matarrata (*Gliricidia sepium*)

Características Físicas

En México se encuentran de 6 a 9 especies del género *Gliricidia*, arbórea que pertenece a la familia Fabaceae (Leguminosae), de las cuales la más conocida y utilizada es *Gliricidia sepium*.⁽²⁶⁾

Este árbol mide de 2 a 15 metros de altura, el diámetro de su tronco a la altura del pecho es de hasta 60 cm aunque generalmente es menor, es de copa irregular y hojas compuestas, alternas e imparipinnadas (Figura 3) de 12 a 30 cm que se componen de 7 a 25 folíolos opuestos los cuales miden de 3 a 8 cm de largo y 2 a 4 centímetros de ancho, son elípticos y con el margen entero; algunos especímenes pueden tener la punta redondeada.

El follaje es caducifolio y el árbol florece de febrero a julio o muy temprano desde noviembre cuando empieza la temporada seca (las hojas se pierden durante la floración). La corteza que mide entre 8 y 10 milímetros es escamosa y ligeramente fisurada en su parte externa que es de color pardo amarillenta a grisácea. Su corteza interna es fibrosa, con olor y sabor a rábano y de color crema. La flor se agrupa en racimos compuestos de 15 a 50 flores y miden entre dos y tres centímetros de largo, son de color rosa y perfumado. Los frutos son vainas lineares de dos suturas, aplanadas, de 10 a 20 centímetros de largo, agudas y pendulantes (Figura 3). El color del fruto es verde limón (pardo claro cuando nuevas y oscuras al madurar) y contiene de 3 a 10 semillas de 7.9 a 18 milímetros, casi redondas, aplanadas y de superficie lisa. Su sistema radical es fuerte y profundo. Se reproducen por polinización entomófila llevada a cabo por abejorros (*Xylocopa fimbriata*). Algunos nombres que se le dan son: cocoite, matarrata, matarratón, cocuite, cacahuanano, chanté, palo de sol, primavera y palo de corral^(26, 27).



Figura 3. Fruto, hojas y flor de *Gliricidia sepium* ⁽²⁷⁾

Distribución

Es un árbol característico de zonas bajas con clima cálido, con una temperatura de 20 a 30°C y una precipitación anual de 500 a 2,300 milímetros. Tolera una gran variedad de suelos y se encuentra desde el nivel del mar hasta 1,200 metros de altitud, sin embargo es más frecuente a menos de 700 msnm y en suelos con pH de 5.5 a 7. Naturalmente se extiende desde el sur de México, por toda América Central hasta Colombia, Venezuela y las Guayanas. Sin embargo debido a su popularidad se ha introducido con éxito en muchas zonas tropicales desde América del sur hasta Florida, el oeste de África, el sureste de Asia y Australia. En México se encuentra en la vertiente del Golfo desde Tamaulipas hasta la península de Yucatán y desde Sinaloa hasta Chiapas en la vertiente del Pacífico. Forma parte de diversos tipos de vegetación, desde bosque tropical y de encino hasta selva mediana ^(26, 27).

Uso tradicional

En los últimos años se ha convertido en un árbol muy popular en el medio agronómico, de hecho después de *Leucaena leucocephala*, *G. sepium* quizás sea el árbol tropical más ampliamente cultivado e investigado. Según el Instituto Forestal de Oxford (OFI) la matarrata es la sexta especie en sobrevivencia en 14 países y la cuarta en producción de biomasa (hasta 20 ton/ha/año) ⁽²⁶⁾. Esto aunado a su gran adaptabilidad, tolerancia a incendios, sequías, inundaciones temporales, suelos

alcalinos, ramoneo y muchos otros factores la han hecho un foco de atención para los sistemas agroforestales en especial del silvopastoreo. Algo notable de *G. sepium* es su asociación con un género de bacterias gram-negativas (*Rhizobium*) que tienen la capacidad de fijar nitrógeno en las raíces del árbol (13 kg N/ha al año), lo que favorece la composición del suelo y de la planta misma ^(26, 28, 29).

Entre los múltiples usos que se le da a *G. sepium* están los siguientes: como cerca viva, barrera rompe vientos, barrera contra incendios, sombra, refugio, plaguicida (semillas, hojas, corteza y raíces tóxicas para los roedores y algunos insectos) uso ornamental, artesanal, comestible (flores), medicinal y como tutor de especies trepadoras como la vainilla; además de ser un excelente forraje para los rumiantes ^(26, 27, 28).

Composición Química

Debido a que esta arbórea pertenece a la familia Leguminosae, que se caracteriza por tener altos niveles proteicos (Cuadro 5) y elevado valor nutritivo, se ha utilizado en la alimentación del ganado al cual parece palatable. Sin embargo el valor nutritivo de la matarrata puede variar según el lugar, el componente de la biomasa y la edad del árbol. Además contiene algunos metabolitos secundarios que pueden constituir factores anti nutricionales (saponinas, taninos solubles, taninos condensados) ^(26, 30).

Cuadro 5. Composición de *Gliricidia sepium* (proteína cruda-PC, fibra detergente neutro-FDN y fibra detergente ácido-FDA) en distintas regiones de América latina.

<i>Procedencia</i>	<i>PC</i>	<i>FDN</i>	<i>FDA</i>
<i>Chiapas</i> ²⁰	13.5	41.1	20
<i>Yucatán</i> ²⁰	19.3	35.7	21.8
<i>Costa Rica</i> ¹⁷	25.8	43.5	26.2

Giraldo ¹⁷, Ku *et al.* ²⁰

1.1.6 Cuaulote (*Guazuma ulmifolia*)

Características Físicas

El género *Guazuma* que pertenece a la familia *Sterculiaceae*, comprende cuatro especies: *G. longipedicellata*, *G. tomentosa*, *G. crinita* y *G. ulmifolia*, se diferencian principalmente por el tipo de flor. *Guazuma ulmifolia* es un árbol mide de 10 a 25 metros de altura, su diámetro llega a medir 80 cm, es de ramas largas y extendidas, follaje caducifolio y florece durante casi todo el año. La corteza que mide entre 5 y 10 milímetros es ligeramente fisurada en la parte externa, mientras que en la parte interna es fibrosa, dulce, ligeramente astringente y de color amarillento, pardo rojizo o rosa. Su copa es abierta con hojas alternas simples de tres a trece centímetros de largo y 1.5 a 6.5 de largo, con punta en forma de lanza y margen aserrado. El color del haz de la hoja es verde oscuro y de textura rasposa; mientras que el envés es verde grisáceo o amarillento y de textura sedosa. La flor se encuentra en forma de racimos y mide entre dos y cinco centímetros, son bisexuales, de color blanco y amarillo y con olor dulce. El fruto (Figura 4) es ovoide de entre tres y cuatro centímetros, con numerosas protuberancias en la superficie, color verde oscuro o café; su olor y sabor es dulce. El interior del fruto contiene múltiples semillas de dos milímetros de largo, redondeadas y color pardo ^(31, 32).

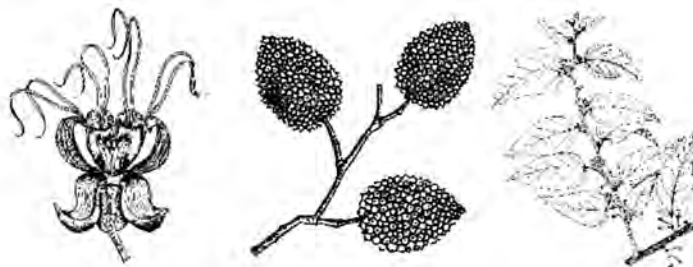


Figura 4. Flor, fruto y hojas de *Guazuma ulmifolia* ⁽³¹⁾

Distribución

Es un árbol característico de zonas bajas con clima cálido, con una temperatura media anual de 24°C y una precipitación anual de 700 a 1,500 milímetros. Es

adaptable a diferentes texturas de suelo y se encuentra desde el nivel del mar hasta 1,200 metros de altitud; sin embargo, es más frecuente a menos de 500 msnm y en suelos con pH superior a 5.5. En América tropical y subtropical se distribuye desde México hasta América del sur (Ecuador, Perú Bolivia, Paraguay, noreste de Argentina y Brasil) y en el Caribe. En México se encuentra en la vertiente del Golfo, desde Tamaulipas hasta la península de Yucatán, en la vertiente del Pacífico, desde Sonora hasta Chiapas. Y en estados del centro como Puebla, Morelos, Hidalgo y San Luis Potosí. Forma parte de diversos tipos de vegetación, desde matorral espinoso hasta selva baja caducifolia ^(31, 32).

Uso tradicional

Se ha utilizado durante mucho tiempo por diversos grupos indígenas como planta medicinal para aliviar diversas enfermedades principalmente gastrointestinales y respiratorias, de ahí que se encuentren sesenta nombres para este árbol, 29 de los cuales son de origen indígena. ^(31, 32)

Su uso está relacionado principalmente con propiedades de sus frutos, flores, hojas, tallo y raíces; sin embargo, también se utiliza como combustible, barreras rompevientos, cercas vivas, sombra y refugio del ganado, además de ser utilizado como forraje para alimentar diferentes tipos de ganado de engorda durante los periodos secos por su alto porcentaje de proteína y su buen rendimiento (desde 1.1 hasta 5.3 ton/ha/año a los 5 años). Debido a su excelente capacidad de rebrote es muy útil para la alimentación de rumiantes ^(4, 17, 31, 32).

Composición Química

El cuaulote a pesar de no ser de la familia Leguminosae, que se caracteriza por tener considerables niveles proteicos y elevado valor nutritivo ⁽²⁹⁾, tiene una excelente composición química (Cuadro 6), además de ser altamente aceptada por los animales ^(3, 5). Sin embargo, el valor nutritivo del cuaulote varía de acuerdo con

el componente de la biomasa, la edad y tamaño del árbol. Por otra parte, tiene la ventaja de contener pocos metabolitos secundarios (fenoles, taninos condensados, saponinas, cianógenos y alcaloides) los cuales son considerados factores anti nutricionales ⁽³⁰⁾.

Cuadro 6. Composición de *Guazuma ulmifolia* (PC, FDN y FDA) en distintas regiones de América latina.

<i>Procedencia</i>	<i>PC</i>	<i>FDN</i>	<i>FDA</i>
<i>Chiapas</i> ⁽²⁰⁾	9.5	47	31.8
<i>Yucatán</i> ⁽²⁰⁾	18.1	45.1	28.9
<i>Costa Rica</i> ⁽¹⁷⁾	14.7	49.5	31.4

Giraldo⁽¹⁷⁾, Ku *et al.*⁽²⁰⁾

1.1.7 Digestibilidad de los alimentos

Siendo la alimentación tan importante dentro de una producción es básico que se preste debida atención a su manejo para evaluar si se están cubriendo las necesidades de mantenimiento de los animales. De igual modo, haciendo eficiente esta evaluación, se podrá saber si además se les está proporcionando un excedente disponible para que se exprese el potencial productivo del animal, es decir que este excedente se transforme en producto ya sea leche, carne o cualquier otro. En las zonas con clima tropical la base de la alimentación son los forrajes pero la utilización de estos puede llegar a ser más eficiente si se conocen sus características nutricionales (composición química, consumo y digestibilidad) ⁽³³⁾.

El análisis de la digestibilidad de los alimentos es fundamental en el campo de la nutrición animal, ya que no es suficiente hacer los análisis químicos comunes, pues debe considerarse la interacción de la dieta con los procesos digestivos, de absorción y metabólicos del animal. Conociendo esto es posible establecer de una manera más exacta el valor nutritivo del alimento y se pueden formular raciones adecuadas a la edad y la especie animal. La digestibilidad depende mayormente de la composición de la dieta; sin embargo, muchos otros factores intervienen como la capacidad de selección del animal, su eficiencia metabólica, la disponibilidad de

agua, la tasa de pasaje y hasta las condiciones ambientales (temperatura y humedad) ⁽³³⁾.

Existen diferentes técnicas para determinar la digestibilidad de los alimentos. En algunas de ellas se consideran también materiales de origen no dietético (endógeno) como en el método de colección total de heces. Debido a esto y los factores descritos anteriormente a los coeficientes de digestibilidad determinados por el método directo, también denominado digestibilidad *in vivo*, se les considera “aparentes”. Como se mencionó, la determinación de la digestibilidad *in vivo* se realiza por el método de colección total de heces. Además, existe el método de las proporciones utilizando marcadores ⁽³³⁾. Existen también distintos métodos indirectos que evalúan la fermentación y digestión del alimento en distintas secciones del aparato digestivo de los rumiantes, entre estos sobresale el método de digestibilidad *in situ* en el que se utilizan bolsas de nylon introducidas al rumen. Los métodos de digestibilidad *in vitro*, que se llevan a cabo fuera del animal, presentan algunas variantes en cuanto a la técnica utilizada para la obtención del inoculo o la composición de la mezcla enzimática utilizada para simular la digestión intestinal, no obstante, son también muy utilizados por resultar prácticos y menos costosos ⁽³³⁾.

Un método común para determinar la digestibilidad *in vitro* de forrajes y raciones integrales proporcionadas a rumiantes es el de Tilley y Terry (1963) ⁽³⁴⁾. Esta consiste en simular la digestión ruminal y postruminal del alimento, utiliza líquido ruminal como inoculo en la primera etapa de digestión y pepsina para la segunda etapa, además de una solución amortiguadora de Mc Dougall ⁽³⁵⁾. El alimento es molido en cribas de 1 mm y se pesa (0.250 g) en balanza analítica, posteriormente se incuba en baño maría a 39°C por 48 horas junto con 25 ml del amortiguador-inoculo (250 ml de líquido ruminal por litro de solución amortiguadora) y se mantiene en agitación. A las 48 horas se agregan 25 ml de la solución de pepsina y se incuban las muestras por otras 48 horas en baño maría a 39°C. Finalmente, el residuo se filtra en crisoles o papel filtro, se seca y se pesa. Los pesos obtenidos se utilizan

para calcular la Digestibilidad de la Materia Seca ⁽³⁴⁾ (La técnica detallada se describe en el Anexo A).

Con el paso del tiempo, se han propuesto posibles alternativas a la técnica desarrollada por Tilley y Terry; por ejemplo, para no utilizar líquido ruminal se ha modificado la técnica utilizando exitosamente como inóculo heces o enzimas comerciales como la celulasa ^(35, 36), sin embargo, estas opciones son prácticas solamente cuando no es posible tener disponible líquido ruminal fresco. Por otra parte Van Soest *et al.* (1966)⁽⁴¹⁾ remplazaron el segundo paso de la digestión con pepsina propuesto en la técnica de Tilley y Terry, por una digestión con detergente neutro. ⁽³⁴⁾

Se han realizado algunos trabajos en los que se ha evaluado la digestibilidad de algunas arbóreas de interés para la alimentación del ganado. Por ejemplo, Turrialba *et al.* (1991) reportó 50.4 % de digestibilidad *in vitro* para *G. sepium* y 43.0% para *G. ulmifolia* ⁽³⁷⁾. Al respecto Sosa *et al.* (2004) también analizó la digestibilidad *in vitro* de 26 árboles forrajeros, destacándose *Leucaena leucocephala* con 62% de digestibilidad; en ese estudio se determinó 53.3 % para *G. sepium* y 55% para *G. ulmifolia* ⁽⁵⁾. Por otra parte, Ku Vera *et al.* (1998) determinaron la digestibilidad aparente *in vivo* de la ración proporcionada a ovinos con diferentes inclusiones de follaje de arbóreas, notando una mejoría en la digestibilidad al incorporar el follaje ⁽²⁰⁾. Giraldo *et al.* (1998) reportó además una fluctuación en la digestibilidad *in situ* de *G. ulmifolia* dependiente de la época del año ⁽¹⁷⁾.

II. JUSTIFICACIÓN

La producción de ovinos en México se ha mantenido, e incluso incrementado, en los últimos años a pesar de la inestabilidad económica. Al existir una situación donde la demanda no sea cubierta con la producción del país presenta la oportunidad de mejorar la oferta. Sin embargo, los problemas antes descritos, como el alza en el precio de los granos, el deterioro del suelo y el bajo contenido de proteína de las gramíneas, dificultan la productividad de las unidades de producción ovina e impiden que sean rentables, y son los pequeños productores los que sin duda resienten más esas situaciones nacionales e internacionales.

Es por esto que el estudio de los recursos forrajeros con los que los productores tienen a su disposición es un medio para buscar alternativas prácticas, económicas y efectivas de alimentación que permitan mejorar los parámetros productivos, sin incrementar el deterioro de los ecosistemas. Las leguminosas arbóreas y arbustivas, además de otros árboles forrajeros, son una buena fuente de nutrientes y una excelente opción para la alimentación en ovinos, más no se ha estudiado a profundidad el efecto de su inclusión en dietas de engorda de ovinos. Por lo anterior, se realizó el presente estudio en corral, con la finalidad de evaluar el comportamiento productivo de ovinos alimentados con dietas que incluyeron heno de hojas de *Gliricidia sepium* o *Guazuma ulmifolia* o una mezcla de ambas en sustitución de la pasta de soya como fuente principal de proteína. Además, se evaluó la digestibilidad *in vitro* de las dietas utilizadas durante la prueba de comportamiento productivo.

OBJETIVOS

- Evaluar el comportamiento productivo (consumo de MS, ganancia de peso y conversión alimenticia) de ovinos alimentados con pasta de soya como principal fuente de proteína vs. ovinos alimentados con dietas en las que la soya se sustituyó parcialmente por heno de hojas de *Gliricidia sepium*, de *Guazuma ulmifolia*, o de la mezcla *Guazuma-Gliricidia*.
- Comparar la digestibilidad *in vitro* de las dietas basadas en pasta de soya vs las dietas en las que la soya se sustituyó parcialmente por heno de hojas de *Gliricidia sepium*, de *Guazuma ulmifolia*, o de la mezcla *Guazuma-Gliricidia*.
- Determinar las fracciones de proteína de las diferentes dietas utilizadas en el experimento.

HIPÓTESIS

- El consumo de materia seca (CMS) en ovinos de engorda alimentados con pasta de soya como principal fuente de proteína, será similar al de ovinos alimentados con heno de hojas de *Gliricidia sepium*, con *Guazuma ulmifolia* o al de ovinos alimentados con la mezcla de heno de hojas *Guazuma-Gliricidia*, en sustitución parcial de la soya como fuente de proteína de la dieta.
- La ganancia diaria de peso (GDP) y la conversión alimenticia (CA) en ovinos de engorda alimentados con pasta de soya como principal fuente de proteína, serán similares a la GDP y CA de ovinos en engorda alimentados con heno de hojas de *Gliricidia sepium*, de *Guazuma ulmifolia*, o de la mezcla *Guazuma-Gliricidia*, en sustitución parcial de la soya como fuente de proteína de la dieta.
- La digestibilidad *in vitro* de las dietas que contienen heno de hojas de *Gliricidia sepium*, y de *Guazuma ulmifolia* o de la mezcla *Guazuma-Gliricidia* como fuente de proteína, es mayor que la digestibilidad *in vitro* de la dieta basada en pasta de soya como principal fuente de proteína.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Lugar donde se realizó la investigación

La etapa de campo en la que se evaluó el comportamiento productivo de ovinos de pelo alimentados con cuatro dietas diferentes, se realizó en instalaciones del Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario (CBTA) No. 194, ubicado en Miacatlán, Morelos. El CBTA se localiza a una altitud de 1,054 msnm, con una precipitación media anual de 800 mm, tiene un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano (Aw1) y con una temperatura media anual entre 22 a 26°C ⁽³⁸⁾.

La etapa de laboratorio se llevó a cabo en el Laboratorio de Bromatología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México.

3.2 Características de los animales en experimentación

Se utilizaron 16 ovinos criollos machos (encastados de pelibuey x blackbelly), recién destetados, con pesos iniciales (anteriores al periodo de adaptación) de 19 ± 1.66 Kg y menores a un año de edad.

3.3 Duración de la fase de campo

Los animales tuvieron un periodo de adaptación de 12 días al manejo y a la dieta asignada aleatoriamente, al terminar este periodo se registró el peso inicial de los ovinos y dio inicio la prueba de comportamiento productivo. Se utilizaron dos periodos de 28 días cada uno para realizar la evaluación del comportamiento productivo. La duración total del experimento fue de 68 días dentro de la etapa de crecimiento de los ovinos.

3.4 Alojamiento y manejo de los animales

Los animales fueron alojados en corrales individuales de 3 m² en promedio con bebedero y comedero individual, piso de tierra y techo de lámina galvanizada alternada con fibra de vidrio a tres metros de altura (Figura 5 y 6). Permanecieron en los corrales las 24 horas del día, con excepción de los días en que se realizaron los pesajes, ya que aproximadamente una hora permanecían en un corral común de 3 x 1.5 m.

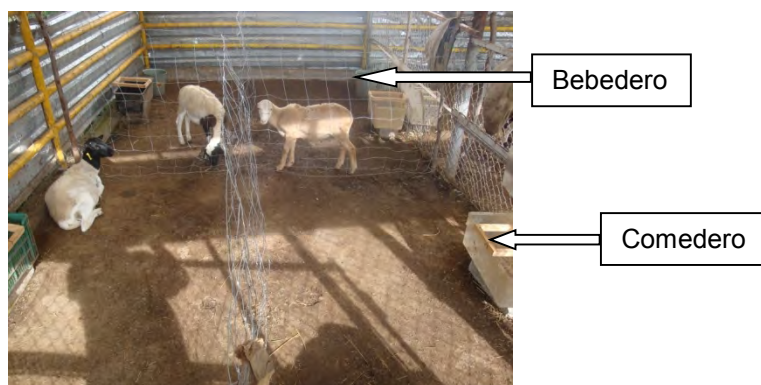


Figura 5. Características de los corrales en los que se desarrolló el experimento.

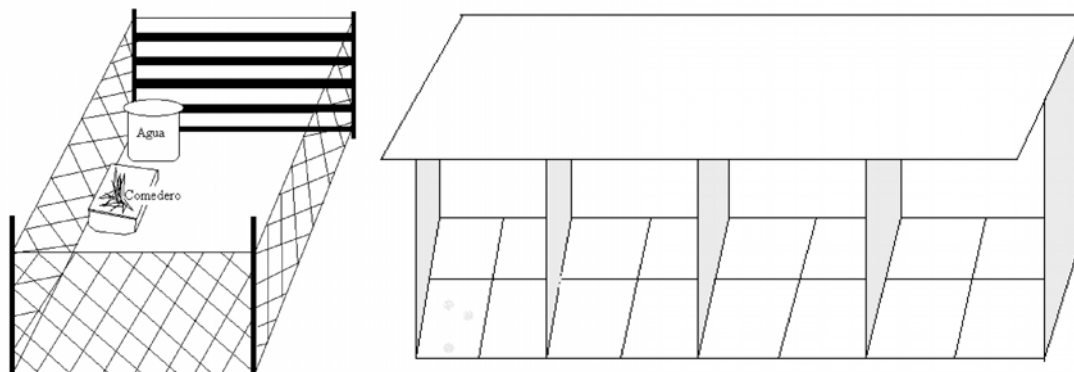


Figura 6. Corral individual y conjunto de corrales

Los ovinos fueron desparasitados interna y externamente al inicio del periodo de adaptación con Ivermectina® a una dosis de 200µg/Kg PV y fueron vitaminados con Vigantol ADE®, 2 mL por animal.

3.5 Tratamientos y diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con 4 tratamientos (dietas) y cuatro repeticiones cada uno. Cada ovino (unidad experimental) fue asignado al azar a un tratamiento y cada uno fue alimentado en corraleta independiente con la dieta correspondiente a su tratamiento.

Las diferentes dietas se elaboraron con la proporción de ingredientes a los cuales se les realizó un análisis químico proximal, realizado previamente en el caso de los forrajes (Cuadro 7), con el fin de elaborar dietas con similar porcentaje de proteína es decir, se ofrecieron dietas isoprotéicas e isoenergéticas estimadas en base seca (BS) y con un porcentaje de fibra cruda similar (Cuadro 8 y 9).

Las dietas o tratamientos se elaboraron en dos ocasiones por la razón que se explica a continuación: Los animales asignados al tratamiento uno (**T1**) recibió una dieta a base de maíz, melaza, pasta de soya, pasto Buffel (completa madurez), grasa de sobrepaso, premezcla de minerales, sal y urea (Cuadro 8), con pasta de soya como principal fuente proteínica. Los demás tratamientos recibieron los ingredientes que integraron el T1 solo que en distinta proporción, además el tratamiento dos (**T2**) recibió heno de hojas de *Gliricidia sepium* (maduras) en sustitución parcial de pasta de soya como principal fuente de proteína. Sin embargo, al avanzar el experimento se terminó el heno de hojas de *G. sepium* que se tenía almacenado y al conseguir nuevo material (en etapa fenológica de rebrote tierno < 30 días de edad) la aceptación por parte de los animales disminuyó, por lo que se decidió cambiar la proporción de dicha leguminosa a la mitad (15 %), y esta dieta se proporcionó en el segundo periodo de 28 días (Cuadro 9). El tratamiento tres (**T3**) recibió los mismos ingredientes que el T1, más una combinación (50 % y 50%) de *Gliricidia sepium* y *Guazuma ulmifolia* (en el primer periodo de 28 días, Cuadro 8), esa proporción se modificó en la segunda preparación de alimento anteriormente indicada, de manera que en el segundo periodo la dieta suministrada fue la que se indica en el Cuadro 9. El tratamiento cuatro (**T4**) recibió heno de hojas maduras de *Guazuma ulmifolia* en sustitución parcial de pasta de soya como principal fuente de proteína.

Cuadro 7. Composición química de Maíz, Pasta de soya, heno de *Cenchrus ciliaris* (HCc) maduro, heno de hojas maduras de *Gliricidia sepium* (HGs) y heno de hojas maduras de *Guazuma ulmifolia* (HGu).

COMPOSICIÓN		ALIMENTO				
		Maíz	P. Soya	HCc.	HGs.	HGu
Análisis Químico Proximal	% MS	90.04	92.44	91.57	89.2	88.87
	% MO	98	93	88.44	90.67	85.88
	% CEN	2	7	11.56	9.33	14.12
	% PB	4.29	48.17	2.72	16.32	10.46
	% EE	5.23	4.56	7.06	7.66	10.18
Fraciones de proteína como % de la MS	% A	0.26	7.66	0.79	4.33	1.1
	% B1	0.18	1.49	0.18	0.52	0.17
	% B2	3.85	37.28	1.27	9.06	7.17
	% B3	0.00	0.00	0.04	0.57	0.39
	% C	0.00	1.75	0.44	1.84	1.62
Fraciones de Carbohidratos como % de la MS	%CC	94.43	90.46	27.49	62.28	65.68
	% FDN	5.57	9.54	72.51	37.72	34.32
	% FDA	1.52	9.5	52.36	32.3	27.74
	% HEM	4.05	0.04	20.15	5.42	6.58
	% CNE	82.91	30.73	6.15	28.97	30.92
DIVMS %		87.00*	84.00*	35.40	67.19	43.15
EM Mcal/Kg MS		3.14**	3.03**	1.28***	2.43***	1.56***

Expresados en base seca (BS), excepto materia seca (MS).

MS=materia seca, MO=materia orgánica, CEN=cenizas, PB=proteína bruta, EE=extracto etéreo

A=nitrógeno no proteico, B1=proteína verdadera soluble, B2=proteína verdadera insoluble, B3=proteína verdadera insoluble en detergente neutro, C=proteína insoluble en detergente ácido.

CC=contenido celular, FDN=fibra detergente neutra, FDA=fibra detergente ácida, HEM=hemicelulosa, CNE=carbohidratos no estructurales. DIVMS=digestibilidad *in vitro* de la materia seca.

*Estimada como % TND (NRC, 2007)⁶⁷. ** Estimada a partir del % TND.

*** Estimada a partir del %DIVMS

Cuadro 8. Inclusión de ingredientes (% base seca) en las dietas utilizadas en el 1^{er} periodo y aporte calculado de proteína bruta, energía metabolizable y fibra bruta.

Ingrediente	T1	T2	T3	T4
Maíz	49.6	46	43.4	42
Pasta de Soya	16	8	8.8	10.3
<i>G. sepium</i>	0	30	18	0
<i>G. ulmifolia</i>	0	0	18	38.3
<i>C. ciliaris</i>	27	8.7	4.5	2
Melaza	4	4	4	4
Premezcla Mineral	1	1	1	1
Sal	0.5	0.5	0.5	0.5
Grasa de sobre paso	0.5	0.5	0.5	0.5
Urea	1.4	1.3	1.3	1.4
Composición*				
Proteína Cruda %	15.02	15.03	15.05	15.08
Energía (Mcal EM/Kg MS)	2.92	2.96	2.95	2.94
Fibra Cruda %	12.83	12.75	12.76	12.59

***Composición calculada con el aporte de los ingredientes.**

Cuadro 9 Inclusión de ingredientes (% base seca) en las dietas utilizadas en el 2º periodo y aporte calculado de proteína bruta, energía metabolizable y fibra bruta.

<i>Ingrediente</i>	<i>T1</i>	<i>T2</i>	<i>T3</i>	<i>T4</i>
Maíz	49.6	48	44.3	42
Pasta de Soya	16	12.3	11.4	10.3
<i>G. sepium</i>	0	15	9	0
<i>G. ulmifolia</i>	0	0	18	38.3
<i>C. ciliaris</i>	27	17.4	10	2
Melaza	4	4	4	4
Premezcla Mineral	1	1	1	1
Sal	0.5	0.5	0.5	0.5
Grasa de sobre paso	0.5	0.5	0.5	0.5
Urea	1.4	1.3	1.3	1.4
Composición*				
Proteína Cruda %	15.02	15.03	15.05	15.08
Energía (Mcal EM/Kg MS)	2.92	2.95	2.94	2.94
Fibra Cruda%	12.83	12.65	12.8	12.59

*Composición calculada con el aporte de los ingredientes.

Como se indicó antes las dietas se elaboraron al inicio y a la mitad del experimento, los ingredientes se mezclaron durante 15 minutos en una mezcladora de listones con capacidad para 500 Kg, se almacenaron en costales de aproximadamente 40 Kg y de estos se tomó y suministró diariamente la cantidad ofrecida según el consumo voluntario del día anterior, se ofreció 10% adicional conforme al rechazo, y esta cantidad aumentó al 15 % adicional cuando no hubo rechazo de alimento. El alimento se ofreció en dos horarios a las 7 y 15 horas. El agua y alimento fueron ofrecidos *ad libitum* en los corrales individuales.

Se utilizó un periodo de adaptación al manejo y a las dietas de 12 días, en que se cambió la dieta correspondiente paulatinamente. Antes de empezar el periodo de adaptación, los animales se pesaron en una báscula de patín con capacidad de 500 Kg ToRey®. Al terminar la adaptación, los animales se pesaron nuevamente y dio inicio el periodo experimental en el que se registró el consumo de alimento, el cambio de peso y la conversión alimenticia de cada animal.

3.6 Evaluación de las variables productivas

3.6.1 Consumo de alimento

El alimento se ofreció diariamente utilizando la misma cantidad en dos horarios, la primera a las 7 am y la segunda a las 15 hrs. Cada día se pesó de manera individual para registrar el alimento ofrecido y al día siguiente antes de la primera toma se recogió el alimento residual del día anterior y se pesó individualmente.

Para determinar la cantidad de materia seca, tanto del alimento ofrecido como de cada uno de los rechazos, se tomó una muestra por tres días (aproximadamente 90 g) y se metió a deshidratar en estufa a 55°C durante 48 horas hasta peso constante. De esta forma se estimó el consumo de materia seca (CMS) diario (alimento ofrecido menos residual). Las muestras deshidratadas se conservaron en bolsas de papel identificadas para su posterior análisis en el laboratorio.

3.6.2 Ganancia de peso

Al final de cada periodo de prueba (28 días) los animales fueron pesados a las 7:00 horas, antes del primer alimento del día, los animales se sacaron de sus corrales individuales y se alojaron juntos en un corral, del cual uno a uno fueron tomados para pesarlos en una báscula de patín para 500 Kg marca ToRey®. Estos pesos se utilizaron para calcular la ganancia total de peso por animal por periodo y la ganancia diaria de peso (GDP) (peso inicial menos peso final entre los días de prueba).

3.6.3 Conversión alimenticia

Con el registro de ganancia de peso total por periodo y el CMS total por periodo, se calculó la conversión alimenticia de cada ovino dividiendo los Kg CMS total entre los Kg de ganancia de peso total.

3.7 Prueba de digestibilidad *In vitro*

Al final de la etapa de campo se realizó la determinación de la digestibilidad *in vitro* de las cuatro dietas y el heno de hojas de las dos arbóreas utilizadas, de acuerdo a la técnica desarrollada por Tilley y Terry⁽³⁴⁾. Para realizar el análisis de digestibilidad se extrajo líquido ruminal de dos o tres ovinos por tratamiento. Antes de la primera toma de alimento del día los animales fueron sondeados y con la ayuda de una bomba de vacío se les extrajo aproximadamente 200 ml de líquido ruminal por ovino. El líquido ruminal extraído fue utilizado como inóculo para la técnica de digestibilidad. Se utilizó un baño maría con agitación que mantuvo a 39°C la temperatura, por dos periodos de 48 horas cada uno.

3.8 Composición de las dietas

En el laboratorio de Bromatología del DNAB de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, se llevó a cabo el análisis químico para determinar la composición de las dietas de los cuatro tratamientos.

3.8.1 Análisis Químico Proximal

Se realizó un Análisis Químico Proximal (AQP) a las muestras tomadas de cada dieta para así poder confirmar la composición de estas. Este análisis que incluye las determinaciones de: contenido de humedad (Hum %) por deshidratación en estufa a 55 °C, proteína cruda (PC) por el método de Kjeldahl ($N \times 6.25$), cenizas (Cen) (por calcinación a 550°C), fibra cruda (FC) y extracto etéreo (EE), estas se realizaron siguiendo la metodología del AOAC 1990 ³⁹. Por diferencia a 100 se obtuvo el % de materia seca (MS), y por diferencia de la $MS - (PC + Cen + FC + EE)$, se calculó el % de elementos libres de nitrógeno (ELN). ⁽³⁹⁾

3.8.2 Fracciones de la fibra, contenido celular y carbohidratos no fibrosos.

A las muestras de las dietas se les determinaron las fracciones de la fibra, es decir la Fibra Detergente Neutro (FDN) y la Fibra Detergente Acido (FDA) siguiendo el método de Van Soest modificado por Waldern ⁽⁴⁰⁾. Con los resultados se calculó el contenido celular (% CC) por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ CC} = 100 - \% \text{ FDN}$$

Además se calculó el % de carbohidratos no fibrosos (CNF) en base seca, por medio de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ CNF} = 100 - (PC + Cen + FDN + EE)$$

3.8.3 Fracciones de la proteína

A pesar de que las dietas se formularon isoprotéicas, se realizó la determinación de fracciones de la proteína para conocer qué porcentaje de esa proteína es totalmente o parcialmente digestible en rumen y que porcentaje no lo es, pues ese conocimiento hará posible que en el futuro las dietas sean balanceadas específicamente de acuerdo a esos principios nutritivos. Las fracciones de la proteína analizadas fueron: PB (N total x 6.25) por la técnica de la AOAC ⁽³⁹⁾, N insoluble y N verdadero soluble utilizando la metodología de Krishnamoorthy, N en el residuo de FDN y en el residuo de FDA, a través de la técnica de Van Soest *et al.*, estos cinco resultados fueron utilizados para estimar las fracciones A, B1, B2, B3 y C de la proteína, según el sistema CNCPS de la Universidad de Cornell. ^(41, 42, 43).

3.9 Análisis estadístico

Los resultados de las variables productivas (CMS, GT, GDP y CA) y de la digestibilidad *in vitro*, para un diseño completamente al azar utilizado se evaluaron por análisis de covarianza utilizando como covariable el consumo total de alimento, de acuerdo al modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta (X_{ij} - \bar{X}_{..}) + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = variable de respuesta en j-esima repetición, i-esimo tratamiento.

μ = Media general.

τ_i = Efecto del i-esimo tratamiento.

B = Coeficiente de regresión.

X_{ij} = Consumo de alimento total o covariable.

$\bar{X}_{..}$ = Media general de la covariable.

ε_{ij} = Error experimental.

Las medias de tratamientos se compararon mediante una prueba de Tukey (SAS, 2002). ⁽⁶⁵⁾

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Composición química de las dietas (tratamientos).

Los resultados de laboratorio acerca de la composición química proximal de las dietas en estudio se indican en el Cuadro 10. La PC en promedio fue de 14.47 %, resultó 0.5 % inferior a la calculada, principalmente debido al menor contenido de proteína que presentó el pasto Buffel y el grano de maíz que finalmente no fue homogéneo. Al ser este el ingrediente de mayor inclusión originó ligero descenso en el aporte de PC de la ración, sin embargo, el aporte fue suficiente para cubrir los requerimientos de proteína de los ovinos en la etapa fisiológica del estudio que indica el National Research Council (NRC, 2007). ⁽⁶⁷⁾

Cuadro 10. Composición nutrimental (%) de las dietas utilizadas en ovinos de pelo en crecimiento alimentados con pasta de soya, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y su combinación en sustitución de la soya como principal fuente de proteína

Concepto	Tratamientos					
	T1	T2 *	T2 **	T3 *	T3 **	T4
Hum %	10.01	10.21	10.11	10.2	10.13	10.15
MS %	89.99	89.79	89.89	89.8	89.87	89.85
PC %	14.02	14.88	13.65	14.92	14.65	15
EE %	3.86	3.35	2.73	4.95	3.34	5.24
FC %	10.95	7.14	11.09	7.36	9.27	8
Cen %	5.85	6.64	8.49	7.1	8.13	8.41
ELN %	55.31	57.78	53.93	55.47	54.48	53.2
TND %	66.29	64.84	61.76	66.49	63.24	65.76
EM Mcal/KgMS	2.39	2.34	2.23	2.40	2.29	2.38

*1er periodo, ** 2o periodo. Hum = humedad, MS= materia seca, PC= proteína cruda, EE= extracto etéreo, FC= fibra cruda, Cen= cenizas, ELN= elementos libres de nitrógeno. T1= testigo, T2= testigo con HGs, T3= testigo con 50% HGs y 50% HGu, T4= testigo con HGu.

Los resultados del aporte de fibra por parte de las dietas (Cuadro 11) muestran que la composición de carbohidratos estructurales en estas, así como el contenido celular y los carbohidratos no fibrosos, en los distintos tratamientos, no fue similar, lo anterior se debe principalmente a la variación en contenido de carbohidratos

estructurales (FDN) y energía metabolizable que presentaron los forrajes que integraron los tratamientos, pues (excepto el cocuite en el segundo periodo) todos se encontraban en etapa de madurez fenológica. Dicha variación en el aporte de carbohidratos estructurales se debe a la distinta proporción de folíolos y pedicelos que presentan los henos de hojas de los recursos arbóreos utilizados. Al respecto, Camero (1994); Leyla-Rios *et al.* (2005) y Francis (1991) indicaron que cuando se cortan y se ofrecen esos recursos a los animales como banco de proteína o como heno deshidratado, se debe tomar en cuenta la variación en el valor nutritivo de dichos recursos arbóreos para que se satisfagan las necesidades de los rumiantes.^(6, 44, 45)

De acuerdo con Salazar y Quezada (1987; citados por Francis, 1991)⁽⁴⁵⁾ en un estudio sobre guácima desarrollado en Costa Rica las hojas registraron 17 % de proteína cruda, 26 % de fibra cruda y 9 % de cenizas, resultando mayor cantidad de proteína y menor contenido de extracto etéreo con respecto al heno de hojas de guácima utilizado en el presente estudio (Cuadro 7). Además de esos investigadores, Janzen (1983) y Susano (1981) citados por Francis (1991)⁽⁴⁵⁾ señalaron que el follaje de guácima es consumido bien por las vacas, caballos, pecaríes de collar y tapires, durante los períodos de sequía, los animales consumen incluso las hojas caídas.

Cuadro 11. Contenido de carbohidratos estructurales y carbohidratos no fibrosos en las dietas utilizadas en ovinos de pelo en crecimiento alimentados con pasta de soya, o *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y su combinación en sustitución de la soya como principal fuente de proteína.

Concepto BS	Tratamientos					
	T1	T2 *	T2 **	T3 *	T3 **	T4
CC %	59.57	66.77	74.54	59.92	66.31	73.28
FDN %	40.43	33.23	34.32	40.08	33.69	26.72
FDA %	16.75	16.69	27.16	16.22	14.8	14.84
CNF %	33.2	39.07	38.01	29.89	37.25	41.39

BS= base seca, *1^{er} periodo, ** 2^o periodo, CC= contenido celular, FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente ácido, CNF= carbohidratos no fibrosos. T1= testigo, T2= testigo con HGs, T3= testigo con 50% HGs y 50% HGu, T4= testigo con HGu.

El contenido de las fracciones de la proteína en las dietas del experimento se señala en el Cuadro 12. Como se puede apreciar la fracción A (correspondiente a nitrógeno no proteínico) representó el principal contenido de la proteína cruda, seguida por la fracción B2 correspondiente a proteína verdadera lentamente degradable en rumen. En el 2º periodo la fracción A presentó una concentración 1.76 % menor en el T2, y 2.55 % menor en el T3. En ese mismo periodo, la fracción B2 aumentó 0.7 y 2.63 %, respectivamente. La fracción C correspondiente a proteína indigestible se mantuvo por debajo de 1 % en todos los tratamientos.

Cuadro 12. Fracciones de la proteína en las dietas utilizadas en ovinos de pelo en crecimiento alimentados con pasta de soya, o *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y su combinación en sustitución de la soya como principal fuente de proteína.

Concepto BS	Tratamientos					
	T1	T2*	T2 **	T3 *	T3 **	T4
PC %	14.02	14.88	13.65	14.92	14.65	15
A %	7.42	7.27	5.51	7.09	4.54	7.79
B1 %	0.31	0.17	0.35	0.17	0.18	0.13
B2 %	5.95	6.39	7.09	6.25	8.88	6.39
B3 %	0.26	0.35	0.35	0.61	0.61	0.26
C %	0.09	0.7	0.35	0.79	0.44	0.44

BS= Base Seca, *1er periodo,** 2o periodo. PC= Proteína Cruda, A= Nitrógeno No Proteínico, B1= Proteína Verdadera Soluble rápidamente degradable en rumen, B2= Proteína Verdadera Soluble lentamente degradable en rumen, B3= Proteína No Degradable en rumen digestible en intestino, C= Proteína Indigestible. T1= testigo, T2= testigo con HGs, T3= testigo con 50% HGs y 50% HGu, T4= testigo con HGu.

4.2 Digestibilidad In vitro

Los resultados de la prueba de digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS), mostraron que el heno de hojas de la leguminosa *G. sepium* manifestó una digestibilidad *in vitro* de 67.197 ± 3.054 %, en tanto que el heno de hojas de la arbórea *G. ulmifolia* registró 43.154 ± 1.207 % de DIVMS (Cuadro 7). Esa mayor digestibilidad registrada en cocuite en comparación con guácima también fue reportada por Salazar y Quezada (1987) ⁽⁴⁵⁾. Por esa razón en la presente investigación las dietas T2 y T3, que incluyeron cocuite, registraron una

digestibilidad similar a la dieta testigo (T1) que incluyó pasta de soya como principal fuente de proteína. Sin embargo, el aprovechamiento de esa proteína no fue el más adecuado por una parte porque los tratamientos (T2 y T3) que incluyeron cocuite presentaron mayor proporción de la fracción C de la proteína (Cuadro 12) que corresponde a proteína no disponible a los rumiantes. Por otra parte, probablemente del alto contenido de taninos en *Gliricidia sepium* se redujo significativamente el consumo de MS (Cuadro14), cuando ésta condición existe en rumiantes la digestibilidad de la materia seca generalmente es mayor, que cuando aumenta el consumo por el efecto del incremento de la tasa de paso (Church, *et al.* 2004) ⁽⁶⁶⁾, el bajo consumo de nutrientes en esos tratamientos originados por la disminución del consumo de alimento, se reflejó en disminución de la ganancia de peso, principalmente en el T2 con repercusión en la conversión alimenticia. Como se señaló anteriormente de acuerdo con Combellas *et al.* (1999) ⁽⁶¹⁾ *Gliricidia sepium* es una de las leguminosas de trópico que presenta mayor cantidad de taninos junto con otras leguminosas de uso forrajero. Por otro lado, de acuerdo con Weniger y Robineau (1988) ⁽⁴⁵⁾ las hojas de guácima contienen cafeína pero no contienen alcaloides, saponinas, esteroides, terpenoides, flavonoides, quinonas o taninos, que limitan la preferencia, lo anterior se confirma a través del presente estudio ya que tanto el consumo de materia seca como la CA fue superior en el tratamiento (T4) que incluyó el heno de hojas de esta arbórea, en comparación a T2 que fue la dieta que incluyo *Gliricidia sepium* en su composición.

A pesar de que guácima es un recurso alternativo para alimentación de ovinos, en México muy pocos productores lo siembran en cantidad adecuada para disponer de forraje suficiente en la época seca.

Cuadro 13. Digestibilidad in vitro (MS) (DIVMS) de la dietas utilizadas en ovinos de pelo en crecimiento alimentados con pasta de soya, o *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y su combinación en sustitución de la soya como principal fuente de proteína.

Concepto	T1	T2	T3	T4
DIVMS %	83.93 ^a ± 1.3	84.83 ^a ± 1.5	84.32 ^a ± 3.8	77.76 ^b ± 1.3

^{a,b} Literales distinta dentro de la misma fila indica diferencia (p>0.05).

T1= testigo, T2= testigo con HGs, T3= testigo con 50% HGs y 50% HGu, T4= testigo con HGu.

4.3 Variables productivas

4.3.1 Consumo de materia seca (CMS)

Los resultados de CMS (Cuadro 14) muestran que se registró mayor (P<0.05) consumo en los animales que se alimentaron con las dietas T1 y T4, en tanto aquellos que recibieron las dietas con inclusión de heno de *G. sepium* en su composición (T2 y T3) registraron menor CMS y no hubo diferencia entre estos tratamientos. El CMS expresado en g MS por kilogramo de peso metabólico (g MS/Kg PV^{0.75}), manifestó el mismo resultado que CMS total o por día. Dicha disminución en CMS de las dietas que incluyeron *G. sepium* fue similar a lo que obtuvieron Leyla-Rios *et al.* (2005) ⁽⁶⁾ en un experimento con ovinos en los que *G. sepium* se mezcló con morera (*Morus sp.*), en ese estudio el CMS fue inferior al registrado en la presente investigación, sin embargo, no afectó la GDP. En otro estudio sobre las arbóreas forrajeras presentes en la región Tzotzil de Chiapas (Jiménez-Ferrer *et al.*, 2008) ⁽²³⁾ los productores indicaron que la mayoría de las especies forrajeras tienen regular y buena aceptación por el ganado, con excepción de *Diphysa robinoides* y *Gliricidia sepium*, que fueron consideradas de mala palatabilidad.

Muchas hojas de árboles forrajeros contienen diversos niveles de factores antinutricionales que tienen afinidad por carbohidratos, aminoácidos o minerales, y pueden (ya sea parcial o totalmente) ser inactivados por la micro flora ruminal del animal ⁽⁴⁷⁾, cuando los microorganismos ruminales no contrarrestan los metabolitos secundarios y su efecto sobre la digestibilidad o el consumo, disminuyen el desempeño productivo de la ganadería (Waghorn *et al.*, 1999; citado por Makkar, 2007) ⁽⁴⁷⁾. Al respecto, Silanikove *et al.* (1997) ⁽⁶²⁾ confirmaron la hipótesis de que el

contenido elevado de taninos afecta negativamente la utilización de proteínas en alimentación complementaria. Por su parte, Tripathi *et al.* (2006)⁽⁵⁶⁾ concluyeron que la respuesta animal depende de la cantidad de metabolitos secundarios que son ingeridos por los ovinos, lo cual se demostró en un experimento en el que evaluaron el consumo *ad libitum* o de manera forzada en la sustitución de concentrado por la inclusión de *Prosopis cineraria* o *Albizia lebeck* en una prueba de balance de nitrógeno en ovinos ⁽⁵⁶⁾.

Cuadro 14. Consumo de Materia Seca (CMS) en ovinos de pelo en crecimiento alimentados con pasta de soya, o *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y su combinación en sustitución de la soya como principal fuente de proteína.

Concepto	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
CMS, Kg MS total	46.459 ^a ± 3.35	31.999 ^b ± 7.69	34.105 ^b ± 4.35	47.520 ^a ± 0.72
CMS, g MSd ⁻¹	829.63 ^a ± 59.8	571.43 ^b ± 137	609.02 ^b ± 77.6	848.64 ^a ± 12.8
CMS, g MS/Kg PV ^{0.75}	77.28 ^a ± 2.28	58.10 ^b ± 7.20	60.72 ^b ± 4.53	80.30 ^a ± 5.55

^{a,b} Literal distinta dentro de la misma fila indica diferencia ($p < 0.05$).

T1= testigo, T2= testigo con HGs, T3= testigo con 50% HGs y 50% HGu, T4= testigo con HGu.

Avilés *et al* (2013) ⁽⁵⁹⁾ en similares condiciones a las que se hizo el presente estudio, obtuvieron, en una prueba de digestibilidad *in vivo* en ovinos alimentados con 10 - 30 % de *G. sepium* en mezcla con pasto Buffel (*Cenchrus ciliaris*) 90 – 70 %, un efecto lineal de aumento ($P > 0.05$) del CMS cuando se utilizó mayor cantidad de *G. sepium* en la ración. Sin embargo, la cantidad de MS ingerida ($507.31 \pm 81.85 - 541.47 \pm 94.05$ g MS/d, respectivamente) fue menor a la registrada en el presente estudio, debido probablemente a que las raciones fueron exclusivamente a base de forraje. Ya que, en el estudio en el que Tripathi *et al.* (2006) sustituyeron menor cantidad de concentrado por la inclusión de *Prosopis cineraria* o *Albizia lebeck* en la prueba de balance de nitrógeno en ovinos, el CMS fue mayor al que se registró en la presente investigación. ⁽⁵⁶⁾

4.3.2 Ganancia de peso.

El peso final en los ovinos del presente estudio fue similar ($P>0.05$) entre tratamientos, sin embargo, la ganancia diaria de peso (GDP) promedio/día, en los animales que recibieron la dieta T1 y T4 (Cuadro 15) fue mayor ($P<0.05$) a la de los ovinos que se alimentaron con la dieta T2 que incluyó heno de *G. sepium* en su composición, debido a que mostraron menor ($P<0.05$) consumo de materia seca. En T3 la GDP fue similar a la de los otros tres tratamientos, no obstante, los animales de éste tratamiento consumieron menor cantidad total de materia seca en forma similar a los del T2 (Cuadro 16).

Cuadro 15. Peso inicial, final, ganancia de peso total y ganancia diaria de peso (GDP) en ovinos de pelo en crecimiento alimentados con pasta de soya, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y su combinación como principal fuente proteínica.

Concepto	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Peso inicial (Kg)	19.175 ^a ± 1.92	19.050 ^a ± 1.9	19.025 ^a ± 1.68	18.700 ^a ± 1.86
Peso final (Kg)	31.400 ^a ± 3.3	25.450 ^b ± 5.6	26.350 ^b ± 3.1	30.550 ^a ± 2.2
Ganancia total (Kg)	12.225 ^a ± 3.7	6.400 ^b ± 3.8	7.325 ^b ± 1.8	11.850 ^a ± 0.7
GDP (g)	218.25 ^a ± 67	114.25 ^b ± 68	130.75 ^b ± 32	211.75 ^a ± 13

^{a,b}Literal distinta dentro de la misma fila indica diferencia ($p<0.05$)

GDP – ganancia diaria de peso. T1= testigo, T2= testigo con HGs, T3= testigo con 50% HGs y 50% HGu, T4= testigo con Hgu.

La GDP registrada en T1 y T4 fue superior a la que reportaron Palma y Huerta (1996) ⁽⁴⁾ en ovinos pelibuey bajo condiciones de estabulación en el trópico seco de Colima, con una inclusión de 10 y 20 % de *Leucaena leucocephala* como parte de la ración de los ovinos en crecimiento, y no obtuvieron diferencia significativa ($P>0.05$) en ganancia diaria de peso y ganancia acumulada en el periodo de prueba (170 - 175 g de GDP) para sus diferentes tratamientos. La ganancia de peso en T1 y T4 fue superior a la registrada en T2 y T3 de la presente investigación que incluyó *G. sepium* sólo o mezclado con *Guazuma ulmifolia*, probablemente (como se indicó anteriormente) por la presencia de metabolitos secundarios en *G. sepium*, ya que en otros estudios conducidos por Francis (1991) e Izaguirre (2011)⁽⁴⁶⁾ la respuesta productiva y reproductiva de ovinos y ovejas suplementadas con *Guazuma ulmifolia*,

fue adecuada comparativamente con ovinos que se alimentaron con guácimo en sustitución de concentrado.

4.3.3 Conversión alimenticia (CA).

La conversión alimenticia se muestra en el Cuadro 16. El T2 requirió mayor ($P < 0.05$) cantidad de alimento por Kg de peso ganado (11.385 Kg), por tanto la CA registrada en los ovinos de T2 fue menos eficiente ($P < 0.05$) que la manifestada por los ovinos que recibieron el T1 (5.562 Kg) y T4 (5.182 Kg), por otra parte la CA del T2 fue similar a la de T3 aun cuando los ovinos de éste tratamiento requirieron 7.097 Kg de alimento por Kg de peso ganado.

Cuadro 16. Conversión alimenticia por tratamiento en ovinos de pelo en crecimiento alimentados con pasta de soya, o *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y su combinación en sustitución de la soya como principal fuente de proteína.

Concepto	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
CMS, Kg MS total	46.459 ^a ± 3.35	31.999 ^b ± 7.69	34.105 ^b ± 4.35	47.520 ^a ± 0.72
Ganancia de peso total (Kg)	12.23 ^a ± 3.7	6.40 ^b ± 3.8	7.33 ^b ± 1.8	11.85 ^a ± 0.7
Conversión Alimenticia	5.56 ^b ± 1.8	11.39 ^a ± 4.7	7.10 ^{ab} ± 2.2	5.18 ^b ± 0.5

^a Literal distinta dentro de la misma fila indica diferencia ($p < 0.05$).

T1= testigo, T2= testigo con HGs, T3= testigo con 50% HGs y 50% HGu, T4= testigo con HGu.

En un estudio desarrollado por Verdoljak y Zarate (2003)⁽⁶⁴⁾ en el que evaluaron la sustitución de pasta de algodón por heno de alfalfa, u hojas frescas de *Leucaena*, *Desmanthus* y *Clitoria*, en la dieta de ovinos en trópico, señalaron que la CA en los grupos con leguminosas fue (11.1, 10.4, 10.0, 11.9) similar a la que registraron los ovinos del T2 de la presente investigación. Al respecto, Combellas *et al* (1999)⁽⁶¹⁾ informaron en ovejas en crecimiento una CA todavía menos eficiente (13.4) cuando sustituyeron Pasta de ajonjolí por forraje fresco de *Leucaena*. Así mismo en otro estudio realizado en ovinos en crecimiento a los que proporcionaron pasto Estrella de África suplementado por Cocuite (*Gliricidia sepium*) obtuvieron una CA = 14.9. Dichos autores señalaron que probablemente la presencia de taninos u otros

metabolitos secundarios en *Gliricidia sepium* limitaron la utilización de la proteína por parte de los animales, y por esa razón su CA fue menos eficiente, no obstante, el balanceo de la ración también es importante ya que los animales que recibieron concentrado en aquella investigación, debido a la madurez del pasto, registraron una CA = 9.7; en la presente investigación, se balanceó la ración para que hubiera un aporte similar de proteína y energía metabolizable por parte de las raciones, sin embargo, aunque se buscó contenido similar de fibra, al análisis resultó que la mayor proporción de pasto Buffel maduro en el T1, se manifestó en mayor contenido de FDN, sin embargo, al ser similar el aporte de proteína y energía de los tratamientos, se manifestó mejor CA en el T1 y T4, debido probablemente a que no existió disminución de los nutrientes de la dieta por la ausencia o menor contenido de taninos en estas dietas.

La CA que se registró en el T3 (7.09, Cuadro 16) el cual se elaboró con la mezcla Cocuite - Guazimo, fue similar a (6.91) que Leyla-Rios *et al.* (2005) ⁽⁶⁾ obtuvieron en ovinos a los que se les proporcionó una mezcla de Morera (*Morus alba*) con Cocuite (*Gliricidia sepium*). Por su parte, Míchailos *et al* (2001) ⁽⁶³⁾ al sustituir parte de un concentrado formulado con pasta de soya, con 30 % de *Gliricidia sepium*, utilizaron un contenido proteico de las dietas de 19 % PC en el T-1, que incluyó la arbórea, y 20 % PC en T-2 elaborado con pasta de soya. No obstante la elevada cantidad de proteína en ambas dietas y que no observaron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, aun cuando el consumo permitió cubrir los requerimientos de proteína, calcio y fósforo, la ganancia de los animales no fue alta, con un promedio de 85 g/día. El consumo de alimento fue 643 (T-1) y 731 g/día (T-2) y el índice de conversión alimenticia de aproximadamente 6 kg de alimento/kg de ganancia, para ambas dietas, fue similar a la CA (6.0) que registraron el T1 y T4 de la presente investigación.

Un estudio realizado en el sureste por Sosa Ríos *et al.* (2004) ⁽⁵⁾ indicaron que el forraje de *Guazuma ulmifolia* fue el más palatable para los rumiantes, señalaron que la CA (5.2 y 4.42) fue superior en ovinos suplementados con *Guazuma ulmifolia* en

sustitución de 25 y 75 % del CMS equivalente al 3.0 y 3.1 % del PV de los animales. La CA registrada por estos autores fue similar a la que se obtuvo en el presente estudio con T1 y T4 (5.56 y 5.18, respectivamente).

El comportamiento productivo fue mayor en los animales que se alimentaron con heno de hojas de *Guazuma ulmifolia*, en comparación a los que recibieron *Gliricidia sepium* en sustitución parcial de la pasta de soya como fuente de proteína de la dieta, probablemente por el contenido de taninos y otros metabolitos secundarios presentes en *Gliricidia sepium*. De acuerdo con Michailos *et al* (2001)⁽⁶³⁾; Barahona *et al.* (1997)⁽⁵⁰⁾; Flores *et al.* (2006)⁽¹⁾ y Leyla-Rios *et al.* (2005)⁽⁶⁾, el contenido de taninos es mayor en varias leguminosas de trópico entre las que destaca el Cocuite. Se han realizado diversos estudios acerca del tipo de taninos, su efecto sobre el consumo, metabolismo ruminal y las características productivas de los rumiantes (Makkar, 2006; Ramírez-Lozano, 2006; Torres-Acosta, 2008)^(52, 54, 55). Los investigadores concluyen que la cantidad de taninos condensados presente en el forraje, y la cantidad que finalmente es consumida por los animales, es la que determina el bajo consumo y en consecuencia la disminución en la producción animal. Por esa razón se recomienda que en otro estudio (ya que en el presente estudio no fue posible realizarlo debido a que la determinación de taninos debe realizarse en el forraje húmedo o deshidratado por liofilización) realizar liofilización, además de la composición nutrimental, el análisis de taninos y otros metabolitos secundarios de las plantas y la variación en el contenido de taninos que *Gliricidia sepium* presenta en las diferentes etapas fenológicas de la planta, y su variación ante las condiciones climatológicas. Como se mencionó anteriormente, de acuerdo con Weniger y Robineau (1988) citado por Francis (1991)⁽⁴⁵⁾, las hojas de guácima contienen cafeína pero no contienen alcaloides, saponinas, esteroides, terpenoides, flavonoides, quinonas o taninos, que limiten su digestibilidad⁽⁴⁵⁾.

V. CONCLUSIONES.

El heno de hojas de Cuaulote o Guácimo es una alternativa para la alimentación de ovinos bajo las condiciones en que se desarrolló la presente investigación ya que el CMS, GDP y CA de los ovinos que consumieron la dieta con hojas de *Guazuma ulmifolia* en sustitución parcial de la soya como fuente de proteína de la dieta, es similar a los que consumieron la dieta testigo balanceada con pasta de soya.

El heno de hojas de Matarrata, Cocuite o Primavera consumido como heno de hojas de *Gliricidia sepium* en sustitución parcial de la soya como principal fuente de proteína en la dieta de ovinos, es una alternativa menos conveniente ya que el CMS, GDP y CA en ovinos bajo las mismas condiciones fue menor al registrado por los ovinos que recibieron *Guazuma ulmifolia* o pasta de soya en su dieta.

La DIVMS de las dietas que contienen *Gliricidia sepium* o una mezcla 50% con *Guazuma ulmifolia* en sustitución de la pasta de soya como principal fuente de proteína de la dieta resultó similar a la DIVMS de la dieta basada en pasta de soya, sin embargo, en los tratamientos que incluyeron *Guazuma ulmifolia* la DIVMS fue menor debido al menor contenido de proteína bruta y de materia orgánica en el heno de hojas de ésta arborea, pero la menor digestibilidad de *Guazuma ulmifolia* no afectó los parámetros productivos.

La mezcla de *Guazuma ulmifolia* con *Gliricidia sepium* afectó el comportamiento productivo de los ovinos bajo las condiciones en que se desarrolló la presente investigación ya que el CMS de los ovinos que consumieron la mezcla fue similar al de ovinos alimentados con *Gliricidia sepium* en sustitución parcial de la soya como fuente de proteína de la dieta debido probablemente a la presencia y el tipo de taninos en *Gliricidia sepium*, por lo que se recomienda la caracterización de taninos en un siguiente experimento.

LITERATURA CITADA

1. Torres RJA. Rentabilidad de los sistemas silvopastoriles en la producción ovina. Memorias de la Tercera Semana de la Ovinocultura. 2008; 24 - 26 de septiembre. FMVZ-UNAM, México. Depto. Producción Rumiantes. 2008: 1-32.
2. Mata PD. Rendimiento y composición química de seis gramíneas introducidas en una sabana del sureste del estado Guarico. Zootecnia Tropical. 1989. 7(1-2):69-92.
3. Juárez L. F.I., Montero L. M., Serna G. C., Alpírez M. F., Canudas L. E.G. Evaluación de Gramíneas Forrajeras Tropicales para Bovinos en el Centro del Estado de Veracruz. In: Barradas L., H. (ed.). Avances en la Investigación Agrícola, Pecuaria, Forestal Acuícola en el Trópico Mexicano. Libro Científico No. 2. INIFAP. UV. CP. UACH. ITUG. ITBOCA. UNAM, Veracruz, México. 2005. pp. 195-204.
4. Palma J.M. Los árboles en la ganadería del trópico seco. Avances en Investigación Agropecuaria. 2005. Vol. 9. Núm. 001.
5. Sosa R.E.E., Pérez R. D., Ortega R. L. y Zapata B. G. Evaluación del potencial forrajero de árboles y arbustos tropicales para la alimentación de ovinos. Téc. Pecu. Méx. 2004; 42(2): 129-144.
6. Ríos P. L., Rondón M. Z., de Combellas B. J., Álvarez Z. R. Uso de morera (*Morus sp.*) y mata ratón (*Gliricidia sepium*) como sustitutos del alimento concentrado para corderos en crecimiento. Zootecnia Trop. 2005. 23(1):49-60.
7. Dakora F.D., Keya S.O. Contribution of legume nitrogen fixation to sustainable agriculture in sub-Saharan Africa. Soil Biol. Biochem. 1997. Vol 29 pp. 809-817.
8. Sierra J., Nygren P. Transfer of N fixed by a legume tree to the associated grass in tropical silvopastoral system. Soil Biol. Biochem. 2006. Vol. 38 pp. 1893-1903.

9. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
URL:<http://faostat.fao.org>
10. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON).
URL:<http://www.siap.gob.mx>
11. Carrera C. B. La ovinocultura en México: ¿Alternativa para los productores rurales? Universidad Autónoma de Ciudad Juárez. Coordinación de Investigación y Posgrado del Instituto de Avances. Cuaderno de Trabajo. Número 207 Diciembre. Pp 1-17. 2008.
12. AMCO. "El pelibuey: una raza en expansión", La Revista del Borrego 1999; 1: Octubre-Diciembre.
URL: <http://www.borrego.com.mx/archivo/n1/f01pelibu.php>
13. AMCO. "Magníficas características cárnicas de la raza Katahdin", La Revista del Borrego Núm. 3 marzo-abril 2000.
URL:<http://www.borrego.com.mx/archivo/n3/f03katahd.php>
14. AMCO. "Su selección se remonta a más de 300 años rústico y prolífico, el Black Belly", La Revista del Borrego Núm. 5 julio-agosto 2000.
URL:<http://www.borrego.com.mx/archivo/n5/f05bbelly.php>
15. AMCO. "Se adapta al medio tropical, frío o húmedo el Dorper, gran productor de carne en corto tiempo", La Revista del Borrego. 2001;12:septiembre-octubre URL:<http://www.borrego.com.mx/archivo/n12/f12dorper.php>
16. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Boletín del Mercado Internacional Agropecuario. SAGARPA-SIAP. 2008.
17. Giraldo V. L. A. Potencial de la arborea guácimo (*Guazuma ulmifolia*), como componente forrajero en sistemas silvopastoriles. Universidad Nacional de Colombia A.A. 1779. Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica.
URL:<http://www.fao.org/AG/AGa/AGAP/FRG/AGROFOR1/Girald13.TXT>
18. Lacorte SM; Esquivel JI. Sistemas silvopastoriles en la Mesopotamia Argentina. Reseña del conocimiento, desarrollo y grado de adopción. En

- actas: 1º Congreso nacional de sistemas silvopastoriles. 14 -15 de mayo. Misiones, Argentina. 2009. Pp 70-82.
19. Sánchez MD. y Rosales MM. II Conferencia Electrónica sobre Agroforestería para la producción Animal en América Latina. Memorias agosto 2000-marzo 2001.
 20. Ku V.J.C., Ramírez A. L., Jiménez F.G., Alayón J. A. y Ramírez C.L. Árboles y arbustos para la producción animal en el Trópico Mexicano. Conferencia electrónica de la FAO sobre “Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. 1998.
URL:<http://www.fao.org/AG/AGa/AGAP/FRG/AGROFOR1/ku10.txt>
 21. Palma, J. M. y Huerta, A. Engorda de ovinos en confinamiento con diferentes niveles de inclusión de heno de *Leucaena leucocephala*. En: VI Seminario Internacional sobre sistemas agropecuarios sostenibles. Centro Universitario de Investigación y Desarrollo Agropecuario (CUIDA) AP. 22. 1999.
 22. Lara, P.E. Canché, M.C. Marrufo, N.B. Sanginés, J.R. Pastoreo restringido de ovejas Pelibuey en bancos de proteína de morera (*Morus alba*). Pastos y Forrajes, Vol.30, No. 2, 2007.
 23. Jiménez F.G., López C. M., Nahed T. J., Ochoa G. S. y Jong B. Árboles y arbustos forrajeros de la región norte-tzotzil de Chiapas, México. Vet. Méx. 2008. V. 39. N. 2.
 24. García D.E., Medina M.G., Composición química, metabolitos secundarios, valor nutritivo y aceptabilidad relativa de diez árboles forrajeros. Zootecnia Trop. 24(3): 233-250, 2006.
 25. Araque C., Quijada T., DÁubeterre R., Páez L. Sánchez A. y Espinoza F. Bromatología del mataratón (*Gliricidia sepium*) a diferentes edades de corte en Urachiche, estado Yaracuy, Venezuela. Zootecnia Trop. 24(4):393-399. 2006.
 26. Comisión Nacional para el Conocimiento y el uso de la Biodiversidad. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. Publicado en: Repertorium Botanices Systematicae. 1(4):679. 1842.
URL:www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/.../29-legum19m.pdf

27. Fact net. Fact Sheet. FACT 98-04, A quick guide to multipurpose trees from around the world. *Gliricidia sepium* - the quintessential agroforestry species. June 1998. Pp.
28. Botero R., Russo O.R. Utilización de árboles y arbustos fijadores de nitrógeno en sistemas sostenibles de producción animal en suelos ácidos tropicales. Conferencia electrónica de la FAO sobre “Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica”, 1998.
29. Chamorro V.D. Importancia de la proteína en la nutrición de rumiantes con énfasis en la utilización de proteínas de especies arbóreas. URL:<http://www.asodoble.com/doc/importancia-de-la-proteina-en-la-nutricion-de-rumiantes.pdf>.
30. Baldizán A., Domínguez C., García D. E., Chacón E. y Aguilar L. Metabolitos secundarios y patrón de selección de dietas en el bosque deciduo tropical de los llanos centrales venezolanos. *Zootecnia Trop*; 24(3):213-232. 2006.
31. Villatoro V.R.A., Luna C.L., González E.A.R. El Cuaulote, el recurso herbolario de Chiapas. Ciencias, julio-septiembre, número 083. Universidad Nacional Autónoma de México. Distrito Federal, México. Pp. 18-26. 2006.
32. Comisión Nacional para el Conocimiento y el uso de la Biodiversidad. *Guazuma ulmifolia* (Lama.) Publicado en: Encyclopédie Méthodique. Botanique. 3: 52 1789. URL:http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/66-sterc1m.pdf
33. Lachmann M., Araujo F.O. La estimación de la digestibilidad en ensayos con rumiantes. X Congreso Venezolano de Zootecnia. 2006.
34. Tilley J. M. A., Terry R. A. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. *J. Br. Grassland Soc.* 18: 104-111. 1963.
35. Givens D.I., Owen E., Axford R.F.E., Omed H.M. Forage Evaluation in Ruminant Nutrition. CABI Publishing 2000.
36. Mannerje L., Jones R.M. Field and Laboratory Methods for Grasslands an animal Production Research. CABI Publishing 2000.

37. Turrialba, C.R. Madero negro *Gliricidia sepium* (Jacquin) Kunth ex Walpers, Especie de árbol de uso multiple en América Central. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. CATIE. Turrialba, Costa Rica, 1991.pp 42.
38. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 4ª ed. México, D.F, México: Instituto de Geografía, UNAM; 1988.
39. AOAC. Official Methods of Analysis. 15th Edition. USA. *Association of Official Analytical Chemists*. 934.01, 954.01, 962.09, 920.29, 942.05. 1990.
40. Waldern DE. A rapid micro – digestion procedure for neutral and acid detergent fibre. *Can. J. Anim. Sci.* 1971. 51: 67 – 69.
41. Sniffen C.J. O'Connor J.D., Van Soest P. J., Fox D. G. and Russell J. B. A Net Carbohydrate and protein System for Evaluating Cattle Diets: II. Carbohydrate and Protein Availability. *Journal of Animal Science*. 1992. 70:3562-3577.
42. Krishnamoorthy U.C., Muscato T.V., Sniffen C.J., Van Soest P.J. Nitrogen Fractions in selected feedstuffs. *Journal of Dairy Science*. 1982. 65: 217.
43. Krishnamoorthy U.C., Sniffen C.J., Stern M.D., Van Soest P.J. Evaluation of mathematical model of digesta and in vitro simulation of rumen proteolysis to estimate the rumen undegraded nitrogen content of feedstuffs. *Br. J. Nutr.* 1983. 50:555.
44. Camero, L.A. Poró (*Erythrina poeppigiana*) y Madero negro (*Gliricidia sepium*) como suplementos proteicos en la producción de leche. *Agroforestería en las Américas*. 1(1):6-8.1994.
45. Francis, John K. *Guazuma ulmifolia* Lam. Guácima. SO-ITF-SM-47. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 1991; 5 p.
46. Izaguirre, F Martínez, T. J. J. Jiménez F J G O, Posada C S, García CCG y Martínez P G. Respuesta reproductiva y productiva de borregas pelibuey a la suplementación con hojas de Caulote (*Guazuma ulmifolia*), Guaje (*Leucaena leucocephala*) y Yaite (*Gliricidia sepium*) en condiciones de trópico húmedo. *Livestock research for rural development*. 2011; 23 (10).

47. Makkar, H. P. S. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research*. 2003; 49:241–256.
48. Silanikove N, Perevolotsky A and Provenza F. D. Use of tannin binding chemicals to assay for tannin and their negative post-ingestive effects in ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. 2001; 91:69-81.
49. Osakwe I. I., Steingass H. and Drochner W. Effect of dried *Elaeis guineense* supplementation on nitrogen and energy partitioning of WAD sheep fed a basal hay diet. *Animal Feed Science and Technology*. 2004. 117:75-83.
50. Barahona, R., Lascano, C.E., Cochran, R., Morrill, J., Titgemeyer, E.C. Intake, digestión, and nitrogen utilization by sheep fed tropical legumes with contrasting tannin concentration and astringency. *J. Anim. Sci.* 1997; 75: 1633-1640.
51. Flores, J.S., Vermont-Ricalde, R.M., Kantún-Balam, J.M. Leguminosae diversity in the Yucatan Peninsula and its importance for sheep and goat farming. BSAS Publication 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by C.A. Sandoval-Castro, F.D.DeB.D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta and A. Ayala-Burgos. Nottingham University Press. 2006; Pp. 291-299.
52. Makkar, H.P.S. Chemical and biological assays for quantification of major plant secondary metabolites. BSAS Publication 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by C.A. Sandoval-Castro, F.D.DeB.D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta and A. Ayala-Burgos. Nottingham University Press. 2006; Pp. 235-249.
53. Provenza, F.D. Behavioural mechanisms influencing use of plants with secondary metabolites by herbivores. BSAS Publication 34. The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by C.A. Sandoval-Castro, F.D.De B.D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta and A. Ayala-Burgos. Nottingham University Press. 2006; Pp. 183-195.
54. Ramírez-Lozano, R.G. Nutritional characteristics of browse species from Northeastern Mexico consumed by small ruminants. BSAS Publication 34.

- The assessment of intake, digestibility and the roles of secondary compounds. Edited by C.A. Sandoval-Castro, F.D.DeB.D. Hovell, J.F.J. Torres-Acosta and A. Ayala-Burgos. Nottingham University Press. 2006; p. 251-260.
55. Torres –Acosta J.F.J., Alonso-Díaz M.A., Hervé Hoste, Sandoval-Castro C.A. y Aguilar-Caballero A.J. Efectos negativos y positivos del consumo de forrajes ricos en taninos en la producción de caprinos. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2008; 9: 83-90.
 56. Tripathi, M.K, Karim, S. A., Chaturve, O. H. and Singh V. K. Effect of *ad libitum* tree leaves feeding with varying levels of concentrate on intake, microbial protein yield and growth of lambs. *Livestock Research for Rural Development*. 2006; (12)18.
 57. Parrota, J. A. *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 7 p.: URL: <http://www.fs.fed.us/global/iitf/Gliricidiasepium.pdf>
 58. Berruecos V. J. M., Valencia Z. M., Castillo R. H. Genética del Borrego Tabasco o Pelibüey. *Tec. Pec. México*. 1975; Artículo especial.
 59. Avilés-Nieto JN, Valle-Cerdán JL, Castrejón-Pineda FA, Angeles-Campos SC y Vargas-Bello-Pérez E. Digestibility of Buffel grass (*Cenchrus ciliaris*)-based diets supplemented with four levels of *Gliricidia sepium* hay in hair sheep lambs. *Trop Anim Health Prod*. 2013; 45: 3:1-6.
 60. Yousuf, M. B., Belew M. A. Daramola, J. O., and Ogundum N. I. Protein supplementary values of cassava-, leucaena- and gliricidia- leaf meals in goats fed low quality *Panicum maximum* hay. *Department of Animal Production, University of Llorin, Nigeria. Livestock Research of Rural Development*. 2007; (2) 19.
 61. Combellas J. de, Ríos L., Osea A. y Rojas J. Efecto de la suplementación con follaje de leguminosas sobre la ganancia en peso de corderas recibiendo una dieta basal de pasto de corte. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 1999; (16) 21: 1-216.

62. Silanikove N, Gilboa N y Nitsan Z. Interactions among tannins, supplementation and polyethylene glycol in goats given oak leaves: effects on digestion and food intake. *Animal Science* 1997; 64: 479-483.
63. Míchailos J, Mendoza M y Cómbenos J. Uso de la *Gliricidia* en dietas completas para corderos en crecimiento. Revista Unellez de Ciencia y Tecnología. 2001; Volumen Especial: 46-49.
64. Verdoljak, Juan J.O., Miranda, F.W., Zarate F., Pedro F., López S., José A. y Arias M. Uso de Leguminosas Tropicales en Dietas para Corderas de Pelo. INTA. Estación Experimental Colonia Benítez "Dr. Augusto G. Schulz". Chaco, Argentina. 2003; 1-2: URL:
http://www.inta.gob.ar/.../INTA_Uso%20de%20Leguminosas%20Tropicales.pdf
65. Statistical Analysis System Institute (SAS). SAS Users Guide: Statics. Version 5. SAS Institute. Cary. NC. 2002.
66. Church D. C., Pond W. G. y Pond K. R. Fundamentos de Nutrición y Alimentación de Animales. 2ª ed. Grupo Noriega Eds, Limusa-Wiley, México. 2006.
67. National Research Council. Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. Ed., Washington (DC): National Academy Press, U.S.A. 2007.

ANEXO A. DIGESTIBILIDAD *IN VITRO* DE FORRAJES.

Es una técnica que se sugiera para determinar la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y orgánica de forrajes. La técnica ha sido comparada con la digestibilidad *in vivo* por los autores encontrando una buena correlación en los pastos tropicales.

Material:

1. Molino de cuchillo con cribas de 1mm. El uso de cribas con mayor apertura deprime la digestibilidad *in vitro*, por lo tanto todos los forrajes y los estándares deben ser pasados por esa criba.
2. Pipeta automática para las soluciones amortiguadoras de inóculo y de pepsina.
3. Tubos de centrifuga de polietileno de 120mm x 40 mm. de diámetro tapados con tapones con una válvula Bunsen acondicionada.
4. Baño de agua con agitación
5. Centrifuga con cabezal apropiado para los tubos empleados.

Reactivos:

- Solución amortiguadora de Mc Dougall.

Solución 1

Na₂HPO₄ anhídrido 3.7 g.

NaHCO₃ 9.8 g.

Agua desionizada a 40°C 1 lt.

Solución 2

NaCl 4.7 g.

KCl 5.7 g.

CaCL₂ 0.4 g.

MgCL₂ 0.6 g.

Agua destilada 100 mL.

- 1) La solución amortiguadora se prepara adicionando 10 mL de la solución 2 a un litro de la solución 1. Se agita la mezcla con agitador por 15 minutos, durante ese tiempo se le burbujea CO₂.
- 2) La solución de pepsina ácida. Disolver 2.4 g. de pepsina 1:10 000 (NFXI) EN 1.2 Lt de ácido clorhídrico 0.1 N (12 mL HCl 10N/1.2lt de agua destilada).
- 3) Inoculante. Obtener el contenido ruminal de becerros fistulados, alimentados con una mezcla 50:50 de alfalfa y un pasto fibroso (Panizo o Grama Rhodes han sido satisfactorios). Conservar el líquido caliente y tapado.
Lavarlo por dos minutos y filtrar rápidamente a través de gasa recogiendo en un matraz precalentado. Adicionar 250 mL del líquido por cada litro de amortiguador a 40°C. Agitar para que no se asienten partículas.

Nota: Si se alimenta el animal donador con forrajes pobres bajos en proteína la correlación *in vitro* e *in vivo* se reduce.

4) Preparación de la muestra. Secar el forraje en una estufa de aire forzado a 100°C nomás de 24 hrs. (Sí se seca en un tiempo mayor se deprime la digestibilidad), moler la muestra con el forraje aún caliente ya que en el molido de muestras húmedas es más difícil. Según Van Soest, 1975, la temperatura no debe ser superior a 60 °C. Almacenar las muestras molidas en frascos tapados. Si no se realiza el análisis inmediatamente resecar las muestras en el frasco y conservarlas en el desecador. Pesar las muestras aproximadamente 0.250g. (± 0.1 mg) dentro de los tubos de polietileno.

Nota: El incremento en el tamaño de la muestra deprime la digestibilidad (McLeod y Minson, 1969).

5) Inoculación. Adicionarle a cada tubo 25 mL de amortiguador-inóculo, tapar los tubos con las válvulas de Bunsen.

Nota: Según Minson McLeod el burbujeo de los tubos con CO₂ no es necesario. El problema de los forrajes que flotan al adicionar el inóculo fue resuelto por los autores del método poniendo los tubos con el forraje y 12.5 mL de amortiguador en un desecador y haciéndole vacío; cuando se sientan se ponen los tubos a 39°C y se inoculan con 12.5 mL restantes del inóculo-amortiguador más concentrado 2-3 veces (250 mL de líquido en 375 mL de amortiguador).

6) Incubar los tubos en el baño a 39 °C por 48hrs. Agitar los tubos durante las primeras 6hrs. De la incubación, a las 48 hrs, centrifugar a 2000-3000 rpm/10 minutos y decantar.

Nota: Según Minson y McLeod no tiene influencia la temperatura y sugieren entre 38-43°C. Aunque según Johnson, 1969, sí hay influencia y aconseja como óptimo 39°C. Los autores del método sugieren el uso de tubos succionados para la eliminación de los sobrenadantes más rápidamente. La disminución en la temperatura detiene la fermentación y no es necesario adicionar HgCl₂.

7) Digestión con pepsina. Adicionar al residuo de la digestión con líquido ruminal 25mL de la solución de pepsina a 40 °C tapar los tubos e incubación filtrar a través de crisoles porosos tarados o en papel filtro, lavar con agua 2 veces, secar a 100 °C y pesar. Si se van a determinar materia orgánica (MO) usar crisoles de porcelana para incinerar el papel filtro a 550°C durante 3 horas.

Nota: Si no hay centrifuga entonces acidificar el media y agregar la pepsina como lo sugieren Tilley y Terry (2mL de HCl 6N+0.5g de pepsina) o Barnes y Lynch, 1969. (1 mL. de HCl 6N + 0.2 g de pepsina).

8) Realizar blancos y estándares con cada corrida. Los blancos se realizan con la solución amortiguador-inóculo sin forraje y los estándares con algún forraje de preferencia el estudiado, el cual tenga conocida la digestibilidad *in vitro*.

$$\begin{aligned} \text{\% Digestibilidad de la MS} &= \frac{100 \text{ MS muestra} - (\text{MS residuo} - \text{MS blanco})}{\text{MS muestra}} \\ \text{MO digestible/100g MS} &= \frac{100 \text{ MO muestra} - (\text{MO residuo} - \text{MO blanco})}{\text{MS muestra}} \\ \text{\% Digestibilidad MS} &= \frac{100 \text{ MO muestra} - (\text{MO residuo} - \text{MO blanco})}{\text{MO muestra}} \end{aligned}$$

M. S: Materia Seca

M. O. Materia Orgánica

Nota: Para los forrajes bajos en grasa la digestibilidad de la materia orgánica en 100gr. de muestra seca es igual a los nutrientes digestibles totales.

(Tilley J. M. A., Terry R. A. A two stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Br. Grassland Soc. 18: 104-111. 1963.) ⁽³⁴⁾

FIGURAS

Figura 1. Producción de carne de ovino en México 1990-2010 FAOSTAT ⁽⁹⁾	6
Figura 2. Líneas dobles con callejones sembrados con maíz.....	12
Figura 3. Fruto, hojas y flor de <i>Gliricidia sepium</i> ⁽²⁷⁾	16
Figura 4. Flor, fruto y hojas de <i>Guazuma ulmifolia</i> ⁽³¹⁾	18
Figura 5. Características de los corrales en los que se desarrolló el experimento.	26
Figura 6. Corral individual y conjunto de corrales.....	26

CUADROS

Cuadro 1. Países con mayor inventario Ovino 2011 FAOSTAT ⁽⁹⁾	5
Cuadro 2. Principales países exportadores de carne de ovino 2010 FAOSTAT ⁽⁹⁾	5
Cuadro 3. Países con mayor producción de carne de ovino 2011 FAOSTAT ⁽⁹⁾	5
Cuadro 4. Principales importadores de carne de ovino 2010 FAOSTAT ⁽⁹⁾	5
Cuadro 5. Composición de <i>Gliricidia sepium</i> (proteína cruda-PC, fibra detergente neutro-FDN y fibra detergente ácido-FDA) en distintas regiones de América latina.	17
Cuadro 6. Composición de <i>Guazuma ulmifolia</i> (PC, FDN y FDA) en distintas regiones de América latina.....	20
Cuadro 7. Composición química de Maíz, Pasta de soya, heno de <i>Cenchrus ciliaris</i> (HCc) maduro, heno de hojas maduras de <i>Gliricidia sepium</i> (HGs) y heno de hojas maduras de <i>Guazuma ulmifolia</i> (HGu).....	28
Cuadro 8. Inclusión de ingredientes (% base seca) en las dietas utilizadas en el 1 ^{er} periodo y aporte calculado de proteína bruta, energía metabolizable y fibra bruta.	29

Cuadro 9 Inclusión de ingredientes (% base seca) en las dietas utilizadas en el 2º periodo y aporte calculado de proteína bruta, energía metabolizable y fibra bruta.	30
Cuadro 10. Composición nutrimental (%) de las dietas utilizadas en ovinos de pelo en crecimiento alimentados con pasta de soya, <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> y su combinación en sustitución de la soya como principal fuente de proteína.....	35
Cuadro 11. Contenido de carbohidratos estructurales y carbohidratos no fibrosos en las dietas utilizadas en ovinos de pelo en crecimiento alimentados con pasta de soya, o <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> y su combinación en sustitución de la soya como principal fuente de proteína.	36
Cuadro 12. Fracciones de la proteína en las dietas utilizadas en ovinos de pelo en crecimiento alimentados con pasta de soya, o <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> y su combinación en sustitución de la soya como principal fuente de proteína.	37
Cuadro 13. Digestibilidad in vitro (MS) (DIVMS) de la dietas utilizadas en ovinos de pelo en crecimiento alimentados con pasta de soya, o <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> y su combinación en sustitución de la soya como principal fuente de proteína.....	39
Cuadro 14. Consumo de Materia Seca (CMS) en ovinos de pelo en crecimiento alimentados con pasta de soya, o <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> y su combinación en sustitución de la soya como principal fuente de proteína.	40
Cuadro 15. Peso inicial, final, ganancia de peso total y ganancia diaria de peso (GDP) en ovinos de pelo en crecimiento alimentados con pasta de soya, <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> y su combinación como principal fuente proteínica.	41
Cuadro 16. Conversión alimenticia por tratamiento en ovinos de pelo en crecimiento alimentados con pasta de soya, o <i>Gliricidia sepium</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> y su combinación en sustitución de la soya como principal fuente de proteína.	42