

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS



Comportamiento y digestibilidad de dietas en ovinos, con diferentes proporciones de *Tithonia diversifolia* y *Pennisetum spp.* suplementadas con fruto de guasima.

PRESENTA:

MVZ. JOSÉ GERARDO DEL SOL GARCÍA

Tesis presentada como requisito parcial para la obtención del grado de:
Maestro en Ciencias en el Área de Ciencias Zootécnicas y Veterinarias.

DIRECTOR: DR. JOSÉ LENIN LOYA OLGUÍN

CO-DIRECTORA: DRA. LEONOR SANGINÉS GARCÍA

ASESOR: M.C. AGAPITO GÓMEZ GURROLA

ASESOR: DR. JOSÉ CARMEN RAMÍREZ RAMÍREZ

Xalisco, Nayarit; Diciembre 2018.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por haberme apoyado económicamente durante los estudios de Maestría a través de la beca en el periodo 2014-2016.

Al Posgrado en Ciencias Biológicas Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Nayarit, por estar con las puertas abiertas al conocimiento y ser parte de mi formación.

Al Departamento de Nutrición Animal Fernando Pérez-Gil R. del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, por haber proporcionado el financiamiento parcial para la realización de este trabajo, así como las facilidades en la realización de análisis de laboratorio.

A La Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Nayarit; por haber proporcionado el financiamiento parcial para la realización de este trabajo, así como las facilidades y el apoyo en la realización del mismo.

Agradezco a mis padres por estar en todo momento con todo el apoyo y un poco más que siempre me han brindado a lo largo de mi vida académica. Por ser parte fundamental desde su origen en casa, ser mejor cada día, siendo unos excelentes padres a seguir. Quienes sacrificaron hasta el día de ahora todo, desde tiempo, salud con esfuerzo y sacrificio por ser una mejor persona realizada en una formación académica, siendo parte fundamental para ser lo que hoy en día soy. Por motivarme a seguir adelante después de ese 20 de Abril del 2009 donde después de recibir esa mala noticia nunca dejaron de luchar para sacarme adelante luchando con todo, siendo hoy en día esta persona, que en ningún momento me han dejado y estar al pendiente no por ser el menor si no porque siempre quisieron lo mejor para cada uno de sus hijos. Logrando con mucho esfuerzo y apoyo de ustedes un grado más académico y profesional.

A ellos que siempre supieron que fui una persona muy inquieta pero que a pesar de cada una de las etapas de mi vida siempre me enseñaron asumir mis acciones con compromiso y responsabilidad, que hoy en día se ve reflejada en un logro más con su formación desde el interior de su hogar. Que a pesar de siempre fui el de las quejas y regañones, pero supe donde sin dejar lo que siempre me inculcaron que sería la mayor herencia que me dejarían y no son riquezas monetarias; si no en riquezas de conocimientos para el día de mañana valerme en el futuro por mis conocimientos. Que hoy en día se sientan orgullosos de ese hijo que les dio una y muchas angustias, también alegrías como el momento de hoy.

A mis hermanos que, como todos hermanos en las buenas, en las malas y aún más en las peores siempre apoyándonos en todo momento, con todo lo que esté en nuestras manos que gracias a mis padres podemos decir que todos somos unos profesionistas cada uno en su gusto, pero valió la pena el sudor, cansancio, desvelos y aún más el estar lejos de mis padres valió la pena porque nos dieron la riqueza más grande que puede existir el estudio.

A mi abuelo Miguel Macedo (+) que me enseñó parte de lo más valioso que conservo. El que fue como mi padre que siempre diera todo por mí y de la misma manera me inculcó el valor de una familia y a trabajar. No tuve la oportunidad de

decirte gracias, muchas gracias por enseñarme a trabajar desde mis 10 años, que desde el día que me dejaste jamás he dejado de seguir siendo mejor cada día a día. Que a pesar que te gustaba verme ayudarte siendo un orgullo para ti jamás deje de estudiar, siempre me lo dijiste que el día que me fuera mal en la escuela no me volverías a llevar a trabajar porque no me querías ver batallar como ustedes lo hicieron en su momento para sacar a todos adelante. Quisiera que hoy me estuvieras mirando terminando un estudio más que nadie imagino que fuera a ser lo que hoy en día soy.

A mi padrino Rodrigo mejor conocido como Rigo, el que siempre me abrió las puertas para seguir adelante, agradecerle por todas esas platicas en el café después del trabajo. Todas las aventuras que pasamos juntos desde alegrías y tristezas, pero siempre juntos en todo momento. De igual manera a impulsarme a seguir adelante. Y como dice usted padrino para no ser del montón porque dijera usted por eso me mandaba a estudiar porque no tiene a cualquier ahijado. Eternamente agradecido por quererme como su hijo al igual más de una vez decirle que es como un segundo padre.

A mi esposa que quien fuese parte esencial para darme un motivo más a seguir saliendo adelante de la mejor manera dando en el día a día lo mejor de mi sin importar noches enteras. Ya que una de las mejores felicidades es poder ser parte de esa gran familia, que ahora somos familia con la dicha que solo tú puedes darme de ser padre. Que sabes que todo es para ustedes y poder ser una mejor familia hasta una eternidad.

Al Dr. José Lenin Loya Olguín por toda esa accesibilidad en su tiempo y disposición para dar avances en este trabajo sin importar el día y la hora mientras estuviese disponible siempre me atendía desde un minuto hasta tres o más horas. Porque todo fuese claro y entendible siempre buscando la mejor manera de explicar cómo y el porqué de las cosas. Ser parte importante en concluir el trabajo. Por todo ese tiempo compartido a lo largo de estos años desde las horas aulas hasta las horas en el trabajo experimental donde más de una tarde sacrificó para estar presente en

las mediciones y dando enseñanza. Se de sus capacidades y esfuerzo y se lo agradeceré siempre.

Al M. en C. Agapito Gómez Gurrola por ser uno de los impulsores del inicio de este trabajo y de esta nueva etapa de ser estudiante de posgrado. Ya que tengo el gusto de haberlo conocido cuando fui estudiante de licenciatura. Por su tiempo y colaboración porque todo saliera de la mejor manera. Así mismo darme todas las facilidades en la UAMVZ para el desarrollo del trabajo experimental. También por toda su confianza y buenos consejos para concluir de la mejor manera.

A la Dra. Leonor Sanginés García por todo y cada uno de los conocimientos transmitidos. Por ser una gran persona y estar siempre al pendiente de cada proceso en todo momento y sobre todo siempre la disponibilidad para trabajar en cualquier duda. En enseñarme cada una de las técnicas para poder llevar a cabo todas las fases del trabajo experimental.

Al Dr. José Carmen Ramírez Ramírez por las facilidades como docente en el transitar de mis estudios en el posgrado, así como las facilidades y conocimientos en cada una de las pruebas de laboratorio y el acompañamiento de cada una de ellas.

Así como todos y cada uno de los docentes del posgrado, por su tiempo, entrega, dedicación, por sus enseñanzas, mi agradecimiento.

ÍNDICE	Pág.
Oficio de conformación del comité.....	ii
Oficio de autorización del Coordinador del Posgrado.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Índice de contenido.....	viii
Índice de cuadros.....	x
Índice de Graficas.....	xi
Resumen.....	xii
I. Introducción.....	1
1.1 Hipótesis.....	2
1.2 Objetivos generales.....	2
1.2.1 Objetivos específicos.....	2
II. Revisión de literatura.....	3
2.1 Tithonia Diversifolia.....	4
2.2 Guásima (<i>Guazuma ulmifolia</i>).....	6
2.3 Pruebas de Digestibilidad.....	7
2.4 Digestibilidad <i>in vivo</i>	7
2.5 Digestibilidad <i>in situ</i>	11
III. Materiales y Métodos	15
3.1 Ubicación del área de trabajo.....	15
3.2 Obtención de los forrajes.....	15
3.3 Obtención del fruto de Guásima.....	16

3.4 Elaboración de las dietas.....	16
3.5. Análisis de Laboratorio.....	17
3.6 Pruebas de digestibilidad.....	18
3.7 Degradabilidad <i>in situ</i> de la materia seca (DISMS).....	18
3.8 Comportamiento Productivo.....	19
3.9 Análisis estadístico.....	21
IV. Resultados y discusión.....	23
4.1 Análisis Químico Proximal (AQP).....	23
4.2 Digestibilidad <i>in vivo</i>	24
4.3 Degradabilidad ruminal <i>in situ</i> de la materia seca.....	26
4.4 Cinética del pH ruminal.....	26
4.5 Comportamiento productivo.....	29
V. Conclusiones.....	31
VI. Literatura citada.....	32

Índice de cuadros

	Pág.
Cuadro 1 Estandarización en las determinaciones de digestibilidad <i>in situ</i> .	13
Cuadro 2 Composición química de las dietas experimentales para corderos de pelo.	15
Cuadro 3 Composición química de los ingredientes (base seca) de las dietas experimentales.	22
Cuadro 4 Digestibilidad <i>in vivo</i> de la materia seca de las dietas experimentales.	24
Cuadro 5 Cinética de desaparición <i>in situ</i> de la materia seca de las dietas experimentales (%).	26
Cuadro 6 Cinética de pH ruminal de ovinos alimentados con las dietas experimentales.	27
Cuadro 7 Comportamiento productivo de ovinos alimentados con las diferentes dietas experimentales.	29

Índice de graficas

	Pág.
Grafica 1 Estandarización en las determinaciones de digestibilidad <i>in situ</i> .	28

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de diferentes proporciones de forraje de *T. diversifolia* (TD) y pasto maralfalfa (M) en dietas de corderos con 60% de forraje y 40% de concentrado sobre digestibilidad, degradabilidad y comportamiento productivo. Se formularon cuatro dietas experimentales: D1 con 80% M y 20% TD; D2 con 70% M y 30% TD; D3 con 60% M y 40% TD; D4 con 50% M y 50% de TD. Las dietas fueron isoprotéicas e isocalóricas. Se utilizaron cuatro borregos Black Belly (40 ± 0.5 kg de peso vivo) dotados con cánulas ruminales para determinar degradabilidad, digestibilidad *in vivo* y cinética de pH ruminal bajo un diseño de Cuadrado latino 4 x 4, con periodos de 21 d (14 d de adaptación y 7 d para toma de muestras). En la prueba de comportamiento productivo se utilizaron 20 ovinos de pelo de 75 días de edad y 18.7 ± 1.3 kg de peso vivo los cuales se alojaron individualmente y recibieron al azar una de las cuatro dietas experimentales. La fracción soluble, fracción insoluble potencialmente degradable y tasa de pasaje fueron mayores ($P < 0.05$) con la D4, mientras que la D1 presentó la menor ($P < 0.05$) digestibilidad *in vivo* comparada con el resto de las dietas en la cuales no hubo diferencia significativa entre ellas ($P > 0.05$). Los valores de pH ruminal fueron similares ($P < 0.05$) entre tratamientos. La conversión alimenticia, ganancia total y diaria de peso fueron mejores ($P > 0.05$) con la D4. En conclusión, el forraje de *T. diversifolia* puede sustituir el 90 % de la canola en dietas como las del presente trabajo.

Palabras clave: alternativa forrajera, cinética de pH, degradabilidad, ovinos.

I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial la ovinocultura se está convirtiendo en una actividad pecuaria de gran importancia, debido a la necesidad de satisfacer la demanda creciente de carne ovina para consumo humano (Bores y Vega, 2003). En México existe un inventario de 8 millones 219 mil 386 ovinos, (SAGARPA, 2007). De igual manera, la demanda de productos de origen animal en México es cada vez mayor en virtud al crecimiento de la población, lo que hace necesario incrementar la cantidad de alimentos para satisfacer las necesidades internas. El inventario ovino en México ha tenido un crecimiento de 6.5 millones de cabezas (Arteaga, 2003). El consumo de carne de ovino por habitante y por año es de 480 g (De Lucas y Arbiza, 1996) y existe un déficit de oferta que se cubre con ovinos en pie de los Estados Unidos y de carne congelada proveniente de Nueva Zelanda y Australia (Arteaga, 2003).

Por lo general, la producción ovina en el mundo se desarrolla bajo sistemas de pastoreo. Esta situación constituye una gran ventaja económica por el ahorro en los costos de producción, pues esos sistemas generan la mejor relación costo/beneficio y calidad nutricional de la carne, pero a su vez son muy susceptibles a las variaciones climatológicas estacionales y altamente vulnerables a las sequías extremas; de hecho, en el contexto actual las recientes sequías que se presentaron en Oceanía y en América obligaron a algunos países a realizar una reducción forzosa de sus inventarios, tanto de ovinos como de bovinos (FAO, 2010).

La utilización de concentrados comerciales es una práctica que puede beneficiar a los productores porque se obtiene carne más rápido y de mejor calidad, pero, afecta la redituabilidad por sus elevados costos (Muñoz-Osorio et al., 2016).

Los forrajes locales pueden ser una buena opción por su bajo costo y la calidad de la carne que se obtiene (Muñoz-Osorio et al., 2016). La *Tithonia diversifolia*, una planta arbustiva, cuyos nombres comunes son “Botón de oro”. En Guatemala se conoce con los nombres de mirasol, quil amargo y saján grande (Nash, 1976) Puede ser una alternativa por su fácil establecimiento y rebrote, además de alta digestibilidad (Wambui et al 2006) y contenido de proteína (Ramírez-Rivera et al.,

2010) y minerales como el fósforo (Kayuki and Wortmann, 2001). Además, posee un alto contenido de aminoácidos (Barrita 2015).

Por otra parte, la maralfalfa puede ser una buena opción por su gran producción de biomasa.

1.1 Hipótesis.

Una dieta con 30% de fruto de guásima con proporciones crecientes de *Tithonia diversifolia* como fuente de forraje, disminuirá la cantidad de ingredientes proteicos en el concentrado, sin afectar la digestibilidad de la dieta y las variables de fermentación ruminal en ovinos de pelo, manteniendo el mismo comportamiento productivo, pero a menor costo.

1.2 Objetivo general.

Evaluar diferentes proporciones de *Tithonia diversifolia* y *Pennisetum spp* en dietas para ovinos de pelo con proporciones 60:40 forraje y concentrado con niveles variables de ingredientes energéticos y proteicos.

1.2.1 Objetivos específicos.

- Determinar la composición química proximal de los ingredientes y las dietas experimentales.
- Medir el efecto de incorporación de guásima y diferentes proporciones de *Pennisetum spp.* y *Tithonia diversifolia*, sobre la degradabilidad ruminal, y la digestibilidad *in vivo* de la materia seca de las dietas.
- Determinar la cinética de pH ruminal de los animales alimentados con las diferentes dietas experimentales.
- Evaluar el comportamiento productivo (peso inicial, peso final, ganancia diaria de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia) de ovinos de pelo alimentados con dietas de diferentes proporciones de *Pennisetum spp.* y *Tithonia diversifolia*

II. REVISIÓN DE LITERATURA

En la actualidad, el crecimiento, se ha intensificado y ha habido una expansión de la actividad productora de carne, propiciada principalmente por el uso de granos en el proceso de desarrollo y finalización de los corderos producidos en la mayoría de los Estados productores de ovinos. Sin embargo, el bajo nivel productivo en ocasiones se debe a factores como: sanitarios, desnutrición, parasitosis, deficiente manejo reproductivo, así como las malas condiciones de las instalaciones y la poca comercialización de las canales (Aguirre et al., 2010). De estos factores la nutrición capta mayor atención ya que es el rubro que ocupa el mayor porcentaje en los costos de producción (Duran, 2007).

En regiones tropicales la alimentación de ovinos es a base de forraje. La disponibilidad y calidad del mismo, disminuye en la época de sequía. Además, los forrajes se caracterizan por ser altos en carbohidratos estructurales y bajos en proteína.

En Nayarit el inventario estatal de ovinos en el 2005 fue de 38,899 cabezas, con una producción de 161 toneladas, con un índice de productividad (inventario/toneladas de producción de carne) de 241 (Martínez *et al.*, 2011).

La alimentación de los ovinos se basa principalmente en el uso extensivo de praderas nativas o introducidas. La disponibilidad y calidad del forraje depende en gran medida de la precipitación, esta situación origina que la producción se comporte de manera estacional (época de seca y lluvia), de tal modo que no se mantiene de forma sostenida durante el año (Lara, 2006).

El uso de los recursos naturales en forma racional y sostenible es una opción viable para obtener beneficios en las actividades agropecuarias, tendientes a su conservación dentro del ecosistema (Román *et al.*, 2008).

La implementación de prácticas de tipo agroforestal, como lo es el silvopastoreo, permite la integración de árboles y arbustos con la producción animal. Con este modelo, se pueden desarrollar sistemas de producción más racionales, que atenten

menos contra el equilibrio ecológico de la región tropical y que, incluso, pudieran mejorar el comportamiento animal (ganancia de peso, producción de leche), la calidad de los productos de origen animal y la rentabilidad mediante la manipulación de la fermentación ruminal (Ku-Vera *et al.*, 2014).

Las especies arbóreas que producen follaje y frutos se pueden incorporar satisfactoriamente a la alimentación de los rumiantes, como forraje fibroso, energético y proteico, principalmente en las épocas de estiaje (Ku-Vera *et al.* 1999).

2.1 *Tithonia diversifolia*.

Tithonia diversifolia es una planta herbácea de la familia Asterácea, originaria de Centro América (Nash, 1976). Tiene un amplio rango de adaptación, tolera condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo. Es además una especie con buena capacidad de producción de biomasa, rápido crecimiento y baja demanda de insumos y manejo para su cultivo. Presenta características nutricionales importantes para su consideración como especie con potencial en alimentación animal (Ríos, 1997).

Posee un gran volumen radicular y una habilidad especial para recuperar los escasos nutrientes del suelo, un amplio rango de adaptación y de distribución en la zona tropical, tolera condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo, es muy ruda y puede soportar la poda a nivel del suelo y la quema. Tiene un rápido crecimiento y baja demanda de insumos y manejo para su cultivo. La producción de biomasa puede variar entre 30 a 70 t/ha de forraje verde, dependiendo de la densidad de siembra, suelos y estado vegetativo (Mahecha, 1998).

Roig (1974) observó y clasificó esta planta en Cuba, pero también ha sido reportada en Filipinas y Kenia (Wanjau *et al.*, 1998), India, Ceilán, sur de México, Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Honduras, Panamá, Colombia y Venezuela (Ríos, 1993), con diversos nombres y usos, incluida la nutrición animal. Tiene un amplio rango de adaptación, tolera condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo.

En Colombia, se utiliza en apicultura y alimentación de vacas, conejos (Ríos, 1993), cuyes (Gálvez, 1995), ovejas (Vargas, 1992), y cerdos (Solarte, 1994). También se siembra como cerca viva para rodear sitios donde se ubican colmenas y áreas de bosque para protección de fuentes de agua (Ríos, 1997). Se utiliza también como especie ornamental y en parcelas de producción agrícola con alta diversidad para atraer insectos benéficos.

La dieta se basa principalmente en monocultivos de gramíneas, que presentan generalmente contenidos nutricionales de regular a baja calidad (Carmona, 2007). Frente a esta situación en los últimos años se está planteando la implementación de sistemas silvopastoriles, a los que se les conoce, como el conjunto de sistemas y prácticas de uso de la tierra, donde deliberadamente se siembran plantas leñosas perennes en la misma unidad de tierra con cultivos agrícolas y/o animales, ya sea en combinaciones espaciales o en secuencia temporal (Torquebiau, 1993).

Dentro de estos sistemas se consideran los bancos de proteína, con la finalidad de solucionar las deficiencias nutricionales de las gramíneas (Penzo, 1998); los cuáles son un área compacta, sembrada con leñosas forrajeras herbáceas, rastreras o erectas, o bien de tipo arbustivo, que se emplean para corte o pastoreo directo (Llenderal, 2008) y que aportan más del 15% de proteína cruda (Penzo, 1998).

Existen evidencias de que las especies de plantas como la *Tithonia*, acumulan nitrógeno en sus hojas como las leguminosas, además de que presentan altos contenidos de fósforo, (Wanjau *et al.*, 1998). El follaje de esta planta varía en su calidad nutritiva, dependiendo de su estado vegetativo en que se encuentre; a los 30 días de crecimiento y en prefloración (50 días), se encontraron los valores más altos de proteína (Pérez *et al.*, 2009). El valor nutritivo del Botón de Oro (*Tithonia diversifolia*) muestra que esta especie tiene muchas calidades que le dan un potencial alto para la producción animal en la zona tropical debido a su alta producción de biomasa y rápido rebrote después del corte, la tolerancia a los suelos ácidos y de baja fertilidad, el alto contenido de proteína (alrededor del 20 % en base seca) y alta degradabilidad de la materia seca *in situ* (90 % después de 48h) (Mahecha y Rosales, 2005).

Tithonia diversifolia es una planta no leguminosa perteneciente a la familia Asteraceae (Figura 5), que sobresale por su excelente capacidad de producir biomasa comestible de alta calidad alimentaria. Desde la década de los 90 se comenzó a evaluar su potencial forrajero y se recomendó su uso para la alimentación de ovinos, caprinos y bovinos, así como para monogástricos (Alonso *et al.*, 2010; La O *et al.*, 2010). Por su parte, Vega *et al.* (2018) no encontraron efecto sobre el comportamiento productivo, retención de nitrógeno y digestibilidad de la materia seca cuando sustituyeron alfalfa con *Tithonia diversifolia* en dietas para borregos alimentados con caña de azúcar sin alterar.

2.2 Guásima (*Guazuma ulmifolia*).

Las especies arbóreas de los trópicos presentan una fuente importante de alimento para el ganado y la fauna silvestre, principalmente durante la época de seca. Un gran número de estas especies son árboles multipropósito, mismos que aportan alimento de buena calidad la mayor parte del año. Mejorando la dieta del animal y reduce el uso de concentrados en las explotaciones pecuarias. Tal es el caso de la Guásima (*Guazuma ulmifolia*), la cual está muy difundida en México hasta la parte norte de Argentina y la parte media de Brasil e introducida en la India e Indonesia. Se desarrolla principalmente en hábitats húmedos de las tierras bajas cálidas, pero se le puede encontrar ocasionalmente hasta los 1200 msnm. En un árbol de porte pequeño a mediano que puede alcanzar hasta 20 metros de altura. En la república Mexicana se le encuentra en casi todos los climas cálidos y se le conoce vulgarmente como “Guácima”, “Guásima”, “Guácimo”, “Cuaulote”, “Cuahulote”, “Cahuilote”, “Aquiche”, “Majahua de toro”, “Palote negro” y “Pixui” (Tapia, 2007). La producción de fruto de guásima es de 1.1 a 5.3 ton/ha/año, teniendo una densidad de 2500 árboles/hectárea en 5 años (Encyclopédie Méthodique, Botanique, 1789). El fruto de guásima contiene en promedio 12.76% de proteína y presenta 51% de degradabilidad *in vitro* (Partida, 2012), por lo que la utilización de esta arborea puede ser una alternativa de alimentación de ovinos. Además, se ha reportado que el grano de sorgo se puede sustituir hasta en 20% por el fruto de guásima en dietas

de borregos con niveles altos y bajos de fibra sin afectar la digestibilidad de la materia seca ni el comportamiento productivo (Partida, 2015).

2.3 Pruebas de digestibilidad.

El valor nutritivo potencial de un alimento puede ser determinado, en primera instancia, por el análisis químico proximal, pero el valor real del mismo para el animal sólo se puede lograr a través de un análisis de las pérdidas inevitables que ocurren durante la digestión, absorción y metabolismo (Minson, 1982). Esto obedece a que después de consumir un alimento, hay residuos indigeridos que son excretados en las heces, los cuales significan una merma en términos de la utilización del mismo, por lo que la primera pérdida impuesta al alimento está representada por la parte que no es digerida ni absorbida en el animal.

El análisis de la digestibilidad de un alimento es muy importante, ya que existen diferentes moléculas en éste, unas que se digieren y absorben fácilmente y otras que son resistentes a la degradación bacteriana y enzimática, por ende, excretadas en las heces; es precisamente este tipo de análisis lo que marca la diferencia entre la alimentación cuantitativa de la cualitativa (Minson, 1982).

2.4 Digestibilidad *in vivo*.

Con las pruebas de digestibilidad o de balance se cuantifican los nutrimentos que son ingeridos y absorbidos en el tracto digestivo, así como las cantidades que se eliminan en las heces. Para esto es necesario conocer tanto la cantidad del alimento ingerido como excretado, siendo la diferencia entre ambas cantidades la parte que se supone fue digerida y absorbida por el animal, que al ser expresada como porcentaje resulta ser el coeficiente de digestibilidad aparente de la materia seca o de cada uno de los componentes de los alimentos (Church y Pond, 1987; Maynard *et al.*, 1986; Shimada, 1983).

En general, los valores de la digestibilidad obtenidos son aparentes, ya que normalmente no se hacen las mediciones, ni correcciones de los aportes metabólicos, ni endógenos (de origen corporal), tales como enzimas, hormonas,

metabolitos o células de descamación, entre otros, que se producen como consecuencia del proceso digestivo, apareciendo en las heces sin que necesariamente sean un residuo alimentario. En el caso de obtenerse dichos valores, al hacerse la corrección, se obtiene la digestibilidad verdadera, que refleja en forma más precisa la absorción de los nutrimentos aportados por el alimento (Maynard *et al*, 1986; Shimada, 1983).

En una prueba de digestibilidad *in vivo* se alimenta a un animal con cantidades predeterminadas de una dieta de composición conocida, para medir cuidadosamente la ingestión de los diferentes nutrimentos por parte del animal durante un tiempo determinado, el cual se acompaña de la recolección total de las heces. Se requiere que la recolección cuantitativa de las heces esté libre de contaminación urinaria y que éstas representen en forma cuantitativa el residuo no digerido del alimento ingerido previamente medido. Posteriormente, se analizan tanto el alimento como las heces para determinar el contenido de nutrimentos presentes en ambas muestras (Church y Pond, 1987; Maynard *et al.*, 1986).

Al animal se le suministra la dieta a probarse durante un período preliminar para eliminar residuos provenientes de alimento consumido antes de iniciar el estudio, además de permitir que el animal se adapte a la dieta de prueba. Después de este período se inicia la recolección de heces; posteriormente, se hace un análisis de las mismas, ya que los componentes que se pierden en éstas corresponden a la mayor pérdida individual de los nutrimentos ingeridos, en virtud de que una vez que un alimento sufre los procesos de degradación gastrointestinal se expulsa el remanente en las heces (Church y Pond, 1987; Maynard *et al.*, 1986).

Como se mencionó, el término digestibilidad va a expresar el porcentaje de todo el alimento o de un componente de éste en particular, el cual no es excretado por el animal, suponiendo que es aprovechado y absorbido en el tracto gastrointestinal. Comúnmente es expresado en función de materia seca, como porcentaje de coeficiente de digestibilidad (Church y Pond, 1987).

La digestibilidad aparente de la materia seca se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ DMS} = \frac{C - E}{C} \times 100$$

Donde:

C = Consumo de materia seca

E = Heces en base seca (Church y Pond, 1987).

Para un estudio de digestibilidad *in vivo* se recomienda utilizar jaulas metabólicas, las cuales son modificaciones de las utilizadas en un principio para animales de laboratorio. Una característica esencial de estas jaulas es que el animal debe tener libertad de movimiento, en particular para recostarse y para levantarse, permitiendo separar las heces de la orina. En las jaulas que se emplean en la actualidad, el animal se encuentra confinado de tal manera que no puede darse la vuelta, ajustando el largo de las mismas al tamaño del animal, de tal manera que las heces caen en forma directa a un recipiente colocado ex-profeso. El comedero se encuentra al frente, tanto su construcción como colocación evitan que el alimento se desparrame (Maynard *et al.*, 1986).

Existen diferentes factores que afectan la digestibilidad de un alimento, como por ejemplo la composición y preparación del mismo; el tiempo de tránsito a través del tracto gastrointestinal o factores del animal *per se*, como son la especie, edad, etapa productiva, etc. Por otra parte, se podría dar el caso en donde la digestibilidad pudiera ser sobreestimada, especialmente cuando la última comida del período experimental es larga y el incremento de la salida fecal se retrasa hasta después del final de la colección fecal (Church y Pond, 1987).

Asimismo, en los animales existen variaciones en cuanto a la digestibilidad de un alimento se refiere. Se sabe que dentro de una misma especie animal hay diferencias más o menos grandes en el aprovechamiento de los alimentos, estas van a depender de la raza, etapas productivas (edad), estado de salud, entre otras, lo que en conjunto muestran hábitos y requerimientos alimentarios diferentes. Por lo tanto, la digestibilidad del mismo alimento puede variar aun dentro de la misma raza debido a que existen requerimientos nutricionales diferentes de un animal a otro (Shimada, 1983). Por otro lado, existe una influencia del nivel de nutrición en la digestibilidad de los alimentos en diversas especies animales. Cuando se reduce la ingestión de alimento por debajo del nivel de mantenimiento en animales que poseen completos e intactos todos los órganos del aparato gastrointestinal, éstos tienden a ser más eficientes en la digestión de alimentos y en el aprovechamiento de los nutrimentos (Maynard *et al.*, 1986).

Entre los factores que pueden afectar la digestibilidad de algunos forrajes o raciones en rumiantes (Van Soest, 1994; Church y Pond, 1987) destacan:

- a) La cantidad de alimento consumido, ya que al aumentar éste, se reduce la digestibilidad en virtud de que el pasaje de la digesta se incrementa.
- b) Cantidad de fibra y/o lignina en el alimento: Como regla general, la digestibilidad de los forrajes disminuye conforme el porcentaje de fibra ácido detergente aumenta.
- c) Diferencia entre las especies: Los bovinos digieren los forrajes mejor que los ovinos, que a su vez digieren mejor los concentrados que los primeros; inclusive entre animales de la misma especie existen diferencias: se ha visto que el ganado cebú tiene mayores tasas de fermentación que el ganado europeo.
- d) Deficiencias nutricionales: Numerosos experimentos indican que la relativa o absoluta deficiencia de proteína resulta en una reducción de la energía digerible; también es notorio que la deficiencia de algunos micros y macro minerales (Mg, P, S, Fe, Co, Mn, Zn) disminuye la digestión ruminal.

- e) Factores que afectan el apetito: Cualquier aspecto que afecte el apetito tiene efecto en la digestibilidad; éstos incluyen tanto la naturaleza física de la ración como la ausencia o presencia de algún nutrimento.
- f) Frecuencia en la alimentación, ya que al aumentarse ésta, se tiende a incrementar la digestibilidad.
- g) Preparación del alimento: Al rolar los granos, se aumenta la digestibilidad; en este rubro pueden incluirse los tratamientos que reciben los esquilmos o pajas (físicos, químicos o biológicos).
- h) Efecto asociativo del alimento: Se ha observado que una combinación de pellet de alfalfa y ensilado de maíz tiene mayor digestibilidad que estando estos separados.
- i) Adaptación a cambios de ración: Los microorganismos ruminales requieren como mínimo 10 días de adaptación; de no ser así la digestibilidad disminuirá.

Los métodos para la medición de la digestibilidad que implican el empleo de animales vivos (*in vivo*), resultan costosos en cuanto al tiempo, la mano de obra calificada, las grandes cantidades de alimento y el número de análisis químicos (aunque poseen menos posibilidades de error con relación a los métodos alternativos (Maynard *et al.*, 1986; Shimada, 1983), por lo que se han desarrollado métodos de digestibilidad *in vitro*.

2.5 Digestibilidad *in situ*.

La técnica de la bolsa de fibra artificial, ha sido utilizada durante varios años para proporcionar valores estimados de la tasa de desaparición de los constituyentes alimenticios en el rumen (Ørskov *et al.*, 1980). Esta técnica tiene la ventaja de dar una estimación rápida de la tasa y grado de degradación de los alimentos en el rumen, sin necesidad de ningún procedimiento complicado más que simplemente pesar. Por otra parte, se ha observado que los valores encontrados después de 48 horas de degradación, se pueden comparar con los encontrados en la digestibilidad *in vivo* cuando se utilizan bolsas con poros extremadamente pequeños (Huntington

y Archibeque, 1999). Otra ventaja consiste en que el material alimenticio se encuentra suspendido en el rumen, estando éste en íntimo contacto con el ambiente ruminal (temperatura, pH, sustrato, buffer, enzimas, etc.), cosa que no sucede en la técnica de digestibilidad *in vitro*. Ørskov *et al.* (1980) mencionaron tres limitantes en esta técnica:

a) Al ser la muestra confinada dentro de la bolsa, no está expuesta a ninguna reducción debido a la masticación y rumia.

b) El alimento normalmente podría salir del rumen, una vez que tuviera el tamaño adecuado.

c) Debe recordarse que se cuantifica la reducción del material a un tamaño suficientemente pequeño para salir de la bolsa, lo que no necesariamente implica una degradación completa a componentes químicos sencillos. Por lo tanto, los resultados necesitan ser tratados con el debido cuidado, usándose principalmente como indicadores cualitativos de los principios generales.

Asimismo, se han mencionado diferentes fuentes de variación en esta técnica que son importantes considerar, entre las que se encuentran: el tipo de material con el que están elaboradas las bolsas, la porosidad de las mismas, la preparación de la muestra, el tamaño de la partícula, la cantidad de muestra, la dieta del animal, el tiempo de incubación, así como el número de bolsas incubadas. El procedimiento de lavado después de la incubación también es importante, ya que se ha observado en diferentes investigaciones que es muy variable dependiendo de la duración, así como el efecto animal. Pudiendo haber diferencias entre especies, entre animales y dentro del mismo animal. Con relación a este último punto, es preciso mencionar que se han encontrado variaciones en un mismo animal, en los duplicados y entre días consecutivos (Huntington y Archibeque, 1999). Tobal (2002) argumenta que los resultados pueden ser afectados por diferentes factores como podrían ser el material de la bolsa, el tratamiento con la cual es expuesta la muestra, así como su preparación, el tamaño de la muestra, la posición de la muestra dentro del rumen,

Cuadro 1. Estandarización en las determinaciones de digestibilidad *in situ*

Concepto	Recomendación
Dieta	60 a 70% de forraje
Nivel de alimentación	mantenimiento
Frecuencia de alimentación	>2 veces / día
Bolsa:	Polyester
Tamaño de poro	40 a 60 μm
Tamaño de muestra:	10 mg de muestra por cm^2 de superficie de la bolsa
Procesamiento de muestra:	>2
Repeticiones:	>2
Número de animales	>1
Número de días	No es necesario
Número de bolsas	En la parte ventral del rumen
Procedimiento de incubación:	Remoción simultánea
Pre incubación	Que describa una curva
Posición ruminal	Mecánico (5 veces 1 min./enjuague)
Introducción / Remoción	Si
Tiempo de incubación	Simple disponible y adecuado para describir los datos
Enjuague	
Corrección microbiana	Si
Modelo matemático	
Substrato estándar	

así como el tiempo de incubación. Otros factores son el número de repeticiones, el número de bolsas incubadas, dieta del animal y lavado de la bolsa.

Por su parte Vanzant et al. (1998) sugieren ciertos procedimientos para estandarizar las determinaciones *in situ* mismas que se mencionan en el Cuadro 1.

III. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del trabajo

El presente trabajo se desarrolló en las instalaciones de la Unidad de Producción de Ovinos de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia (UAMVZ) de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), la cual se localiza en el kilómetro 3.5 de la carretera de cuota Compostela–Chapalilla entre los 21° 17' 46'' de latitud norte y los 104° 54' de latitud oeste, a 880 msnm, con clima caracterizado como semicálido-húmedo con una temperatura media anual de 22°C y una precipitación pluvial media de 1,000 mm³ (Pérez *et al.*, 1980). Los análisis de laboratorio se realizaron en el Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal perteneciente a la UAMVZ-UAN y en el Departamento de Nutrición Animal Fernando Pérez-Gil R., del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición “Salvador Zubirán”.

3.2 Obtención de los forrajes.

La *Tithonia diversifolia* se obtuvo de un banco de proteína a los 60 días de rebrote, de una parcela de 0.5 ha establecida en el año 2013 en la UAMVZ de la UAN, en la cual se realizaron actividades de preparación de la tierra (subsuelo, rastra y surcado). El material vegetativo de *T. diversifolia* para ser sembrado, se obtuvo en el municipio de Tepic, Nayarit. La siembra se efectuó por medio de estacas de 20-30 cm, colocándolas en la parcela de forma horizontal, cubriendo totalmente con suelo, a una densidad de siembra de 0.5 y 0.75 m entre planta y entre surco, respectivamente (Espinel *et al.*, 2004).

La cosecha de la planta de *T. diversifolia* se hizo a los 60 días de edad, posteriormente se pasó a través de una picadora de martillos para obtener un tamaño de partícula de 2 a 3 centímetros y se secó al sol durante 72 horas, volteándola cada 24 horas.

La maralfalfa se obtuvo a los 60 días después de rebrote, establecida en la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia en el año 2013 en donde se preparó el terreno en el mes de julio, con tres pasos de rastra, se surcó a una distancia de

90 cm entre surcos, con una profundidad aproximada de 25 cm colocando en el fondo trozos de material vegetativo en forma continua y cubriendo con una capa de suelo de 3 a 4 cm en forma mecánica con ayuda de una cultivadora. La maralfalfa utilizada se secó con el procedimiento aplicado al forraje de *Tithonia diversifolia* en el presente experimento.

3.3 Obtención del fruto de guásima.

El fruto *Guazuma ulmifolia* se obtuvo en la localidad de Santa Isabel en el municipio de Ahuacatlán, Nayarit.

3.4 Elaboración de las dietas.

Las dietas se formularon de acuerdo a los requerimientos nutricionales para ovinos de pelo en engorda (NRC, 2007), proporcionando a los animales una relación de 60:40 de forraje:concentrado (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición química de las dietas experimentales para corderos de pelo.

INGREDIENTE	% de inclusión			
	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4
Pasta de soya	4	4	1.2	0.8
Pasta de canola	4.8	2	2.8	0.6
Grano de sorgo	16.4	19.2	21.2	23.8
Fruto de guásima	12	12	12	12
Minerales	1.4	1.4	1.4	1.4
Cal	0.4	0.4	0.4	0.4
Sal común	0.4	0.4	0.4	0.4
Urea	0.4	0.4	0.4	0.4

Sulfato de amonio	0.2	0.2	0.2	0.2
<i>Tithonia diversifolia</i>	12	18	24	30
<i>Pennisetum spp.</i>	48	42	36	30
TOTAL	100	100	100	100
Composición química				
Materia seca	93.6	92.7	92.0	91.2
Proteína cruda	16.68	16.71	16.72	16.77
FDN	52.6	51.24	50.3	49.0
FDA	30.2	30.0	29.8	29.61
Extrácto etéreo	2.94	3.12	3.34	3.5
EM, Mcal/kg en base seca	2.81	2.83	2.85	2.86
\$/kg de alimento	3.33	3.27	3.21	3.17

3.5 Análisis de laboratorio.

La composición química de las materias primas (*Tithonia diversifolia*, *Pennisetum spp* y *Guazuma ulmifolia*) y las dietas experimentales, se determinó con el análisis químico proximal con base en la metodología recomendada por AOAC (2005): materia seca (MS), proteína cruda (PC) y cenizas. Fracciones de fibra: ácido (FDA) y neutro detergente (FDN) por el método de Goering y Van Soest (1970). Los análisis se realizaron por triplicado.

3.6 Pruebas de Digestibilidad.

En la determinación de digestibilidad *in vivo* y degradabilidad ruminal *in situ* se utilizaron cuatro ovinos machos Black Belly de 40 ± 0.5 kg de peso. La distribución de las dietas de los animales se realizó mediante un diseño de cuadrado Latino 4x4.

Cada uno de los periodos tuvo una duración de 21 días, de los cuales 14 fueron de adaptación a las dietas y 7 de recolección de muestras biológicas.

La prueba de digestibilidad aparente *in vivo* de la materia seca se hizo por medio de recolección total de heces (Schneider y Flatt, 1975), se midió el consumo de alimento diariamente, y se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\% \text{ DMS} = \frac{C - E}{C} \times 100$$

Dónde:

C = Consumo de materia seca.

E = Heces en base seca.

3.7 Degradabilidad *in situ* de la materia seca (DISMS).

La desaparición *in situ* de la materia seca se realizó mediante la técnica de la bolsa de nylon (Orskov *et al.*, 1980), considerando 11 tiempos de incubación (0, 3, 6, 9, 12, 24, 30, 36, 48, 60 y 72 horas). Las bolsas tenían una porosidad promedio de 1,200 a 1,600 orificios por cm², con un tamaño de 12x8cm (Mertens, 1977). Después de ser retiradas las bolsas del rumen, se lavaron cinco veces, hasta obtener un líquido de enjuague claro para posteriormente ser secadas a 65°C durante 48 horas. Para el cálculo y la interpretación de resultados de la desaparición de la materia seca en el rumen, se utilizó un modelo exponencial (Orskov *et al.*, 1980).

$$p = a + b(1 - e^{-ct}) \text{ a través del programa Neway.}$$

Dónde:

p = Digestibilidad acumulativa del componente nutritivo (%) al tiempo t

a = Degradabilidad inicial o fracción soluble

b = Fracción potencialmente degradable por acción de la fermentación

c = Tasa de digestión

t =Tiempo de incubación.

e= Exponencial (base de los logaritmos naturales).

La cinética de pH se obtuvo con muestras del contenido ruminal obtenidas a las 0, 3, 6, 9 y 12 horas, *post prandium*. Al momento de ser colectadas las muestras se determinó el pH por potenciometría (Bateman, 1970).

3.8 Comportamiento productivo.

En la prueba de comportamiento productivo se utilizaron 20 ovinos de pelo de 75 días de edad y 18.7 ± 1.3 kg de peso vivo. A cada borrego se le asignó al azar una de las cuatro dietas experimentales (4 tratamientos con 5 repeticiones cada uno). Antes de la prueba, a los animales se les recolectaron heces para realizar análisis coproparasitológico, para dar un tratamiento específico en caso necesario. Fueron tratados con toltrazuril para la coccidia e Ivermectina + Febendazol y Mebendazol + Closantel. Se obtuvieron muestras de heces de cada uno de los animales durante un mes para seguir el control de desparasitación hasta quedar los animales libres de parásitos (Fig. 1, 2 y 3).



Fig. 1 Jaulas experimentales. Fig. 2 Análisis coproparasitológico, Fig. 3 Desparasitación de los animales.

Los ovinos se alojaron en jaulas individuales (0.95x1.1m) con piso de tierra, acondicionados con cama de paja de arroz (10 a 15 cm de altura), la cual se volteaba cada tercer día, agregando nueva paja cada dos semanas, con el objetivo de mantener un sistema seco (Fig. 4 y 5).

Los animales fueron sometidos a un periodo de adaptación a las dietas durante 14 días en los cuales se incluyó la dieta experimental paulatinamente 40:60, 60:40, 80:20 (dieta experimental:dieta anterior) con intervalos de 3 días con cada proporción hasta llegar al 100% de la dieta experimental. La dieta que recibían antes del experimento contenía rastrojo, maíz, soya, alfalfa, y minerales. Posterior al periodo de adaptación, los animales fueron pesados para registrar el peso inicial. Se utilizaron comederos y bebederos individuales para ofrecer el alimento y el agua a libertad, diariamente a las 7 de la mañana. Las variables a medir fueron: peso inicial, peso final, ganancia diaria de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y costo por kilogramo de peso vivo producido por concepto de alimentación. La prueba tuvo una duración aproximada de 124 días.

El manejo de los animales cumplió con los lineamientos técnicos aprobados para el uso y bienestar de los animales NOM-051-ZOO-1995: Trato humanitario en la movilización de los animales; NOM-062-ZOO-1995: Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio, explotaciones

ganaderas, granjas, centros de producción, reproducción y cría, zoológicos y sala de exposiciones.



Fig. 4 Jaulas experimentales individuales

Fig. 5 Ovinos en las jaulas experimentales

3.9 Análisis Estadístico.

Para la digestibilidad *in vivo* y cinética de la degradabilidad *in situ* y variables de fermentación ruminal se utilizó un análisis de varianza para un diseño de cuadrado Latino 4X4, la diferencia entre medias se determinó con la prueba de Tukey ($P < 0.05$) (Daniel, 2004).

El modelo para el diseño referido es:

$$Y_{ijk} = \mu + H_i + C_j + T_k + \xi_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variables respuesta.

μ = Media general

H_i = Efecto del *i*-ésimo periodo.

C_j = Efecto de la *j*-ésima repetición.

T_k = Efecto del *k*-ésimo tratamiento.

E_{ijk} = Error aleatorio.

Los resultados obtenidos de las variables en la prueba de comportamiento productivo (peso inicial, peso final, ganancia diaria de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia) se analizaron mediante ANOVA, utilizando un diseño completo al azar, incluyendo el peso inicial como covariable. El análisis se realizó utilizando el programa estadístico SAS (2002). La diferencia entre medias se comparó con la prueba de Tukey ($P < 0.05$) (Martínez, 1988).

Modelo estadístico.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta (X_{ij} - X) + \xi_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Corresponde a las variables respuesta medidas por separado, en donde se estima en j-ésima repeticiones, i-ésimo tratamiento.

μ = Media general.

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

β = Coeficiente de regresión.

X_{ij} = Variable independiente o covariable (peso al sacrificio).

X = Media general de la covariable.

ξ_{ij} = Error experimental.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis Químico Proximal (AQP).

La composición química de los ingredientes se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Composición química de los ingredientes (base seca) de las dietas experimentales.

Componente	Maralfalfa	<i>T. diversifolia</i>	Guásima
Materia seca	97.86±0.21	84.89±10.88	91.89±0.12
Cenizas	18.37±0.46	15.28±1.48	7.43±0.21
Materia orgánica	81.63±0.46	84.72±1.48	92.57±0.21
Proteína cruda	9.22±0.20	12.92±0.04	8.18±0.08
FND ¹	72.79±0.13	55.44±0.02	55.60±0.04
FAD ²	42.65±0.18	36.95±0.04	35.93±0.07
Extracto etéreo	2.18±0.37	3.41±0.12	4.53±0.22

¹Fibra neutro detergente, ²Fibra ácido detergente

Los porcentajes de humedad de los ingredientes fueron bajos debido a que los forrajes fueron cortados, picados y secados al sol. Estos valores coinciden con aquellos mencionados por Bobadilla y Ramírez (2006).

En cuanto a la proteína cruda (PC), la guásima presentó niveles parecidos a los observados por diferentes autores (Román *et al.*, 2008; Rojas *et al.*, 2013) con un rango entre 8 y 9%. De igual manera, la *T. diversifolia* presentó valores de proteína cruda que coinciden a lo informado por Pérez *et al.* (2009). El contenido de PC de la *T. Diversifolia* resultó 40% mayor respecto a la maralfalfa aunque se ha reportado un contenido similar de PC en estos dos forrajes (Vega *et al.*, 2018).

La FDN de la Maralfalfa fue ligeramente mayor (72 vs 69) que la reportada por Rubio *et al.* (2014) quienes analizaron la composición química de este forraje en época de lluvia a diferentes tiempos de corte. Por otra parte, la FAD fue menor a la reportada por estos autores (42 vs 47). La composición química de la maralfalfa y la guácima fue muy similar a la reportada por Partida (2015). El contenido de las fracciones de fibra de la *T. diversifolia* reportada por Verdecia *et al.* (2011) es menor comparada con lo obtenido en el presente estudio a pesar de que coinciden en el tiempo de corte. Sin embargo, son similares a los reportados por Vega (2015), ya que el material vegetativo fue cosechado en el mismo sitio. El contenido de FND y FAD de la maralfalfa fue 31 y 15% mayor respecto al de *la T. diversifolia*.

El extracto etéreo de los forrajes utilizados se encuentra dentro del rango de los forrajes disponibles en las tablas de composición del NRC (2007) como pangola, elefante, bermuda y alfalfa. El contenido de extracto etéreo de la guácima es similar al reportado por Partida (2015) ya que el fruto fue recolectado del mismo lugar y en la misma época del año. En cuanto al contenido de EE de la maralfalfa es menor al obtenido por Partida (2015), quien cosecho a una etapa vegetativa mayor. Esto coincide cuando se compara el EE del Napier grass, cosechado a los 30 y 60 días (NRC, 2000). En cuanto al EE de la *T. diversifolia* se encuentra dentro del rango publicado por otros autores, el cual oscila entre 1.9 y 5.5% (Navarro y Rodríguez, 1990; Olayeni *et al.*, 2006; Odedire y Oloidi, 2014).

4.2 Digestibilidad *in vivo*.

En el Cuadro 4 se presentan los resultados de la digestibilidad *in vivo* de la materia seca de las dietas experimentales. La D1 presentó la menor ($P < 0.05$) digestibilidad comparada con el resto de las dietas en las cuales no hubo diferencia significativa entre ellas ($P > 0.05$). Por lo tanto, la digestibilidad *in vivo* mejoró cuando se incrementaron los niveles de *T. diversifolia* hasta un 30% en las dietas experimentales. De igual manera Premaratne *et al.* (1998) reportaron una mayor digestibilidad *in vivo* cuando incrementaron de 15 a 30% el nivel de inclusión de la *T. diversifolia* en las dietas a base de paja de arroz. Por su parte Wambui *et al.* (2006), al proporcionar *T. diversifolia* en una dieta a base de rastrojo de maíz,

reportaron que la digestibilidad de la materia seca incrementó al aumentar los niveles de inclusión de *T. diversifolia* en la dieta. Esto puede ser explicado por dos razones: 1) la mayor cantidad de FND y FAD de la maralfalfa respecto a la *T. diversifolia* y 2) el mayor contenido de proteína de la *T. diversifolia* de la cual el 40% es soluble (Rosales, 1996; Mahecha y Rosales, 2005) por lo tanto, es de alta disponibilidad para los microorganismos ruminales con lo que se mejora la digestibilidad y la producción de proteína microbiana cuando la energía está disponible. Sin embargo, aunque la proteína no degradable en rumen fue mayor con la inclusión de titonia, la digestibilidad de materia seca no fue diferente en las dietas 2, 3 y 4. De manera similar, Salisbury *et al.* (2004) no observaron efecto de suplementos con diferentes niveles de proteína degradable en rumen, pero con la misma cantidad de proteína cruda, sobre la digestión total aparente con borregas alimentadas con forraje de baja calidad (7.5% PC), a pesar de que en la presente investigación se utilizó una mezcla de forraje con un mayor contenido de PC (≥ 14.6).

Cuadro 4. Digestibilidad *in vivo* de la materia seca de las dietas experimentales.

Dietas	Digestibilidad <i>in vivo</i>
D1 ¹	66.8 \pm 1.00 ^b
D2 ²	73.02 \pm 2.06 ^a
D3 ³	73.30 \pm 3.04 ^a
D4 ⁴	76.98 \pm 1.57 ^a

^{a,b} Valores con superíndices distintos en la misma columna son estadísticamente diferentes (P<0.05) \pm Desviación estándar. ¹; Maralfalfa-Tithonia 80:20¹. ²; Maralfalfa-Tithonia 70:30. ³Maralfalfa- Tithonia 60:40; ⁴; Maralfalfa-Tithonia 50:50.

4.3 Degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca.

En el Cuadro 5 se muestran los parámetros cinéticos de la degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca de las dietas experimentales.

La fracción soluble (a), fracción insoluble potencialmente degradable (b) y tasa de pasaje (c) fueron mayores ($P < 0.05$) con la dieta 4 la cual contenía mayor cantidad de grano de sorgo y *T. diversifolia* comparadas con la dieta 1. La solubilidad de la proteína cruda (40.2%) de la *T. diversifolia* (Ramírez-Rivera et al., 2010) y el alto contenido de almidón (70%) del grano de sorgo (NRC, 2016) pueden explicar los mayores valores de a, b y c. La fracción soluble (32%) de la *T. diversifolia* (Naranjo y Cuartas, 2011) es menor que la de la maralfalfa a los 60 d de corte que puede variar entre 38 y 45%, dependiendo de la proporción hoja tallo (Cardenas et al., 2012). Sin embargo, la fracción insoluble potencialmente degradable de la *T. diversifolia* puede ser hasta dos veces mayor, dependiendo del ecotipo (58-95 vs 25-42%) (La O et al., 2012), que la de la maralfalfa.

4.4 Cinética del pH ruminal.

En el Cuadro 6 y Gráfica se presenta el efecto de las diferentes dietas experimentales sobre la cinética del pH ruminal. Los valores fueron similares entre tratamientos, sin embargo se presentaron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre horas por la producción de ácidos grasos derivados de la fermentación ruminal. El pH disminuyó ($P < 0.05$) a las 6 h después de la alimentación con las Dietas 1, 2 y 3. Sin embargo, el pH disminuyó ($P < 0.05$) 3 h post-alimentación con la Dieta 4. Lo anterior refleja mayor velocidad de digestión y fermentación de la dieta con mayor porcentaje de *T. diversifolia* (Dieta 4). Debido a que el pH disminuye con la producción de ácidos grasos y aumenta con la absorción de estos en el rumen (Bailey et al., 2012). La máxima digestión de la materia seca ocurre entre las 4 y 5 h mientras que la digestión de celulosa ocurre entre las 6 y 18 h después de la ingesta (Van Soest, 1982). Las diferentes velocidades de digestión se pueden deber a la diferente disposición de nutrientes de los ingredientes de las dietas y no al contenido de celulosa puesto que contienen porcentajes similares de FDA y FDN.

Cuadro 5. Cinética de desaparición *in situ* de la materia seca de las dietas experimentales.

	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4
(a)Fracción soluble	17.07±1.86 ^b	19.12±0.93 ^{ab}	18.20±0.70 ^{ab}	20.37±1.56 ^a
(b)Fracción insoluble, potencialmente degradable	46.63±3.99 ^b	55.32±14.52 ^{ab}	57.37±3.47 ^{ab}	61.95±1.23 ^a
(c)Tasa de pasaje	0.03±0.01 ^a	0.019±0.008 ^{ab}	0.017±0.003 ^{ab}	0.014±0.001 ^b
Hora Cero	19.95±0.3 ^a	20.92±1.24 ^a	19.25±1.27 ^a	20.30±0.80 ^a
Degradabilidad de fracción insoluble en agua	43.22±3.66 ^b	53.55±16.13 ^{ab}	56.30±3.30 ^{ab}	62.07±3.14 ^a
Potencial de degradabilidad	63.29±3.63 ^b	74.5±15.26 ^{ab}	75.55±3.78 ^{ab}	82.35±2.45 ^a

	.02	45.85±0.86	44.07±1.25	44.55±0.72	46.25±0.93
Degradabilidad efectiva	.05	35.27±2.33	33.35±1.66	32.80±0.48	34.25±1.02
	.08	30.55±2.11	29.17±1.33	28.27±0.30	34.2±1.09

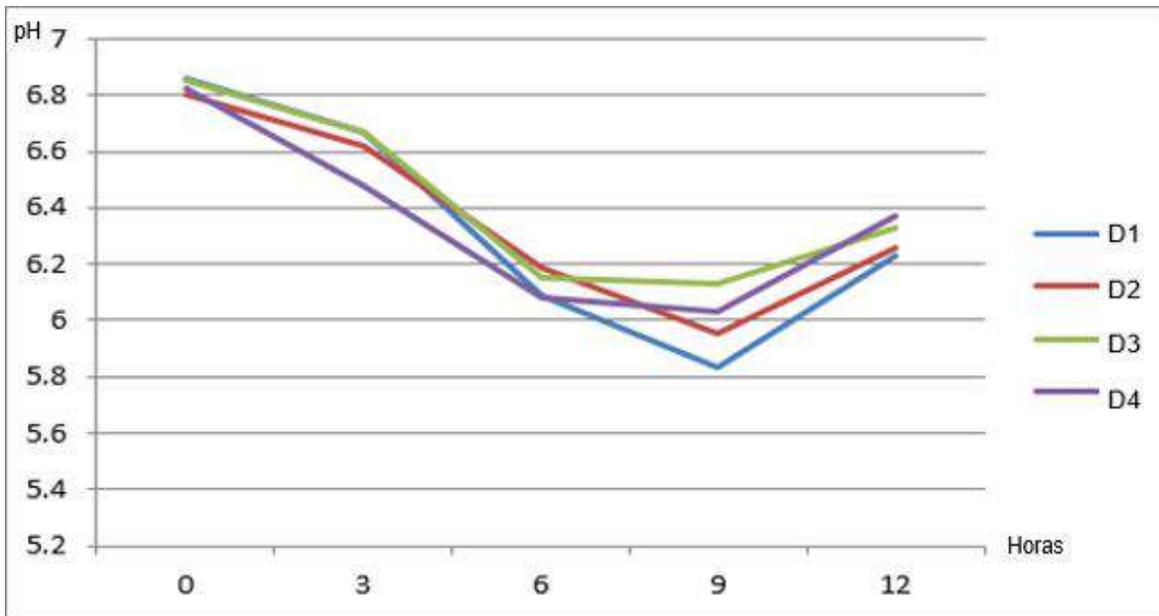
Valores con superíndices diferentes en cada renglón indican diferencia significativa entre dietas (P<0.05). ±Desviación estándar. Dieta 1; Maralfalfa-Tithonia 80:20¹. Dieta 2; Maralfalfa-Tithonia 70:30. Dieta 3 Maralfalfa- Tithonia 60:40; Dieta 4; Maralfalfa-Tithonia 50:50.

El pH ruminal en promedio se mantuvo en el rango de 5.83 a 6.86 con las diferentes dietas experimentales, el cual se ha reportado al utilizar dietas a base de forraje (Krause *et al.*, 2002). Este pH puede dar las condiciones de una buena proliferación de las bacterias celulolíticas ruminales, debido a que éstas prefieren un pH entre 6.2 y 6.5 (Galindo *et al.*, 2008); para asegurar la digestión de fibra (Krause *et al.*, 2002). Por lo tanto, la diferencia en la digestibilidad y degradabilidad no se debieron a diferencias en pH ya que todas las dietas tenían la misma proporción de forraje, pero si a los menores contenidos de FND y FAD de la titonia, 24 y 13%, respectivamente.

Cuadro 6. Cinética de pH ruminal de ovinos alimentados con las dietas experimentales.

Horas	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4
0	6.86±0.14 ^a	6.80±0.06 ^a	6.85±0.05 ^a	6.82±0.07 ^a
3	6.67±0.04 ^a	6.62±0.08 ^a	6.67±0.05 ^{ab}	6.48±0.27 ^b
6	6.09±0.06 ^a	6.19±0.12 ^a	6.15±0.25 ^b	6.08±0.10 ^b
9	5.83±0.21 ^b	5.95±0.19 ^b	6.13±0.19 ^c	6.03±0.15 ^c
12	6.23±0.25 ^a	6.26±0.20 ^a	6.33±0.35 ^{ab}	6.37±0.17 ^a

Valores con superíndices diferentes en cada renglón indican diferencia significativa entre tratamientos (P<0.05). ±Desviación estándar. Dieta 1; Maralfalfa-Tithonia 80:20¹. Dieta 2; Maralfalfa-Tithonia 70:30. Dieta 3 Maralfalfa- Tithonia 60:40; Dieta 4; Maralfalfa-Tithonia 50:50.



Gráfica1. Efecto de las diferentes dietas experimentales sobre la cinética de pH ruminal.

4.5 Comportamiento productivo.

Los resultados obtenidos en la prueba de comportamiento productivo se muestran en el Cuadro 7. No se observó diferencia ($P>0.05$) en el consumo de materia seca. La suplementación con proteína puede mejorar el consumo cuando los animales consumen forraje de baja calidad (Salisbury *et al.*, 2004) aunque esta respuesta no es constante ya que depende de la calidad del forraje por la cantidad de FDN. Se ha sugerido que el consumo de materia seca no se modifica con la suplementación si rebasa el nivel máximo de consumo de FDN de 12.5 g/kg de peso vivo por día que equivale al 1.2 % del peso vivo (Bohnert *et al.*, 2002). De acuerdo al consumo de materia seca y el peso promedio (27 kg) de los animales de este experimento su consumo de FDN (>500 g) supera lo recomendado por Bohnert *et al.* (2002).

La ganancia total y diaria de peso de los borregos alimentados con la dieta que contenía la misma proporción de *T. diversifolia* y maralfalfa fueron superiores ($P<0.05$) respecto a las observadas con las demás dietas sin diferencias significativa entre ellas ($P>0.05$). Este resultado podría ser explicado por la diferente

digestibilidad de los componentes de las dietas. La GDP obtenida en el presente trabajo fue dos veces mayor que la obtenida por Vega (2015) utilizando en la dieta una relación 30:70 Titonia:Ensilado de caña de azúcar. Esta diferencia puede ser debida a que las dietas utilizadas en el presente estudio incluían pasta de soya y pasta de canola las cuales son fuentes de proteína verdadera no degradable en rumen (NRC, 2007), además el fruto de guasima y grano de sorgo que son fuente de energía, aumentaron el valor nutritivo de las dietas. De acuerdo con Pathoummalangs y Preston (2008) el potencial del forraje fresco de *T. diversifolia* es reflejado en el comportamiento productivo cuando se incluyen fuentes de proteína no degradable en rumen y carbohidratos fermentables para mejorar el crecimiento de microorganismos ruminales. En cambio, con un bajo consumo de energía y proteína se promueve el catabolismo de aminoácidos de los tejidos para la obtención de energía y N (NRC, 1985) lo cual puede afectar negativamente el comportamiento productivo cuando es excesivo (Batista et al., 2016). El aumento de GDP con la dieta 4 sugieren que es necesario incluir fuentes de energía para el aprovechamiento de la proteína de *T. diversifolia*.

Cuadro 7. Comportamiento productivo de ovinos alimentados con las diferentes dietas experimentales.

	Dieta 1	Dieta 2	Dieta 3	Dieta 4
PI (kg) ¹	19.22±1.25	18.82±2.29	18.80±2.76	19.83±2.24
PF (kg) ²	36.18±1.77	35.52±2.88	35.5±2.49	39.23±3.21
GTP (kg) ³	16.96±0.79 ^b	16.70±1.35 ^b	16.69±1.75 ^b	19.4±1.97 ^a
GDP (g/d) ⁴	130±0.01 ^b	137±0.01 ^b	136±0.01 ^b	159±0.02 ^a
CMS, (g) ⁵	1039.31±27.8	1021.9±7.0	1050.87±28.5	1055.26±13.4
CA ⁶	8.04±0.42 ^a	8.27±0.65 ^a	8.34±0.94 ^a	7.27±.73 ^b

^{a, b} Superíndices diferentes indican diferencia significativa entre dietas (P<0.05).¹Peso inicial, ²Peso final, ³Ganancia total de peso, ⁴Ganancia diaria de peso, ⁵Consumo de materia seca, ⁶Conversión alimenticia.

V. CONCLUSIONES.

La digestibilidad de dietas con proporciones 60:40 forraje:concentrado utilizando *Tithonia diversifolia* y *Pennisetum spp.*, como fuentes de forraje, mejora al combinar 30% de la primera y 70% de la segunda. Sin embargo, la degradabilidad ruminal y el comportamiento productivo se mejoran cuando el forraje de la dieta tiene las mismas proporciones de *Tithonia diversifolia* y *Pennisetum spp.* Por lo tanto, bajo las condiciones en que se llevó a cabo la presente investigación, *T. diversifolia* puede sustituir el 90 % de la canola conservando los niveles de proteína y energía en la dieta, lo cual es de impacto económico para la producción de carne ovina.

VI. LITERATURA CITADA.

Aguirre, J., Jaramillo L., Macías C., Carrillo D., Herrera G. y Pérez E. 2010. Alternativas para la producción de carne ovina en Nayarit. Universidad Autónoma de Nayarit. Nayarit, México.

Arteaga, C., J. de D. 2003. La industria ovina en México. In: Memorias del Primer Simposium Internacional de Ovinos de Carne. Desafíos y oportunidades para la ovinocultura en México ante los nuevos esquemas de mercado abierto. Pachuca de Soto, Hgo. Pp: 1-7.

AOAC. Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis. (2005). 18th ed. Washington, D.C.

Bateman, J. V. 1970: Nutrición animal. Manual de métodos analíticos. México: Herrero Hernández Hermanos, Sucesores, S. A. 60pp.

Batista, E. D., Detmann, E., Titgemeyer, E.C., Valadares Filho S. C., Valadares R. F. D., Prates L. L., Rennó L. N., Paulino M. F. 2016. Effects of varying ruminally undegradable protein supplementation on forage digestion, nitrogen metabolism, and urea kinetics in Nellore cattle fed low-quality tropical forage. *Journal of Animal Science*. 94:201-216.

Bobadilla, H. A. R. y L. Ramírez, A. 2006. Contenidos nutrimentales de ocho árboles forrajeros nativos de la república Mexicana. In Memoria de la III Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoril. Universidad Autónoma Metropolitana, 10-12 de julio, México, D.F. Pp. 118-120.

Bohnert, D. W., Schauer, C. S., Bauer M. L., and Del Curto, T. 2002. Influence of rumen protein degradability and supplementation frequency on steers consuming low-quality forage: I. Site of digestion and microbial efficiency. *Journal of Animal Science*. 80:2967-2977.

Bores, Q. R. y Vega, C. A. 2003. La investigación pecuaria ante los retos y desafíos de la ovinocultura en México. Primer Symposium Internacional de Ovinos de Carne. Pachuca, Hidalgo, México (p. 80).

Carmona, A. 2007. Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras sobre la dinámica digestiva en bovinos. *Revista Lasallista de investigación*. Caldas, Colombia. Vol. 4 no. 1.

Church, C. D. y Pond, G. W. 1987: Fundamentos de nutrición y alimentación de animales (1ª. ed.) México, D. F.: Limusa. 438pp

Daniel, W.W. 2004. Bioestadística, base para el análisis de las ciencias de la salud. 4a ed. Limusa-Wiley.

De Lucas, T. j. y S. I. Arbiza, A. 1996. Producción de Carne Ovina. Primera edición. Mexicanos Unidos. S. A. México, D. F. 169 p.

Duran, R. F. 2007. Manual de nutrición animal. Ed. Grupo Latino Editores Ltda. Colombia.

Encyclopédie Méthodique, Botanique; Guazuma ulmifolia Lam. 3:52. 1789.

Espinel, M.R., Valencia, C.L., Uribe, T.F., Hernando, M. C., Molina, J.E., Murgueitio, R.E., Galindo, W., Mejía, C.E., Zapata, A., Molina, J.P.y Giraldo, G. J. 2004. Sistemas Silvopastoriles Establecimiento y Manejo. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria CIPAVCOLCIENCIAS. Cali, Colombia.

Galindo, J., González, N., Delgado, D., Sosa, A., Marrero, Y., González, R., y Moreira, O. 2008. Efecto modulador de *Leucaena leucocephala* sobre la microbiota ruminal. Modulator effect of *Leucaena leucocephala* on the rumen microbiota. Zootecnia tropical. 26:249-252.

Gálvez, A. L., 1995 Cuyes, lombrices, forrajes y manejo de micro cuencas en Matituy-Nariño. Memorias IV Seminario Internacional sobre Sistemas Pecuarios Sostenibles para las montañas tropicales. Editado por CIPAV y CENDI. Cali, Colombia.

Huntington, G. B. y Archibeque, S. L. (1999). Practical aspects of urea and ammonia metabolism in ruminants. In: Proceedings of the American Society of Animal Science. 939:1-11.

Kayuki, K.C., Wortmann, C.S. 2001. Plant materials for soil fertility management in subhumid tropical areas. Agronomy Journal. 93:929–935.

Krause, K. M., Combs, D. K., and Beauchemin, K. A. 2002. Effects of forage particle size and grain fermentability in midlactation cows. II. Ruminal pH and chewing activity. Journal of dairy science. 85:1947-1957.

Ku-Vera, J. C., Ayala-Burgos, A. J., Solorio-Sánchez, F. J., Briceño-Poot, E. G., Ruiz-González, A., Piñeiro-Vázquez, A. T., Barros-Rodríguez, M., Soto-Aguilar, A., EspinozaHernández, J. C., Albores-Moreno, S., Chay-Canul, A. J., Aguilar-Pérez, C. F. and Ramírez-Avilés, L. 2014. Tropical tree foliages and shrubs as feed additives in ruminant rations. En: Nutritional Strategies of Animal Feed Additives. Nova Sci. Publishers. New York. USA. Pp. 59-76

KuV.J.C., Ramírez A. L., Jiménez F. G., Alayón, J. A. y Ramírez, C. L. 1999. "Árboles y arbustos para la producción animal en el trópico mexicano". En: Agroforestería para la Producción Animal en América Latina. FAO. Roma, Italia. Pp. 231-250

Lara M.y Carvajal, J. 2006. Forrajes y Pastizales. Ficha tecnológica. INIFAP. Campeche, México.

Llanderal, T. 2008. Sistemas silvopastoriles. SAGARPA. Dirección General de Apoyo para el Desarrollo Rural. México.

La O, O.; González, H.; Orozco, A.; Castillo, Y.; Ruiz, O.; Estrada, A.; Ríos, F.; Gutiérrez, E.; Bernal, H.; Valenciaga, Dayki; Castro, Beatriz I.; Hernández, Yasmila Composición química, degradabilidad ruminal in situ y digestibilidad in vitro de ecotipos de *Tithonia diversifolia* de interés para la alimentación de rumiantes Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 46, núm. 1, enero-marzo, 2012, pp. 47-53 Instituto de Ciencia Animal La Habana, Cuba

Mahecha, L., Rosales M., Molina C.H. y Molina E. J. 1998. Experiencias en un sistema silvopastoril de *Leucaena leucocephala*-*Cynodon plectostachyus*-*Prosopis juliflora* en el Valle del Cauca, Colombia. Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica. 325 - 336.

Mahecha, L., y Rosales, M. 2005. Valor nutricional del follaje de botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, en la producción animal en el trópico. *LivestockResearchfor Rural Development*. 17:100.

Martínez, G. S., Macías, C. H., Moreno, F. L., Zepeda, G. J., Espinoza, M. M., Figueroa, M. R.yRuiz,F. M. 2011. Análisis económico en la producción de ovinos en Nayarit, México. *Abanico Veterinario*. 1:37-43.

Maynard, A. L.,Loosli, K. J.,Hintz, F. H. y Warner, G. R. 1986: Nutrición Animal (4ª. Ed.). México, D. F. MacGraw Hill.

Mertens, D. R. 1977.Dietary fiber components: relationship to the rate and extent of ruminal digestion. *FederationProceedings*36:187–192.

Minson, D. J. and McLeod, M. N. 1972. The *in vitro* technique: its modification for estimating digestibility of large numbers of tropical pasture sample. In Division of Tropical Pasture Technical paper No. 8. Research Organization, Australia, 1-5.

Muñoz-Osorio, G. A., Aguilar-Caballero, A. J., Sarmiento-Franco, L.A., Wurzinger, M., Cámara-Sarmiento, R. 2016. Technologies and strategies for improving hair lamb fattening systems in tropical regions: a review. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 3:267-277.

Naranjo, J. F. y Cuartas, C. A. 2011. Caracterización nutricional y de la cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la suplementación de rumiantes en el trópico alto de Colombia. *Revista CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*. 6:9-19.

Navarro, F. y Rodríguez, E.F. (1990). Estudio de algunos aspectos bromatológicos del Mirasol (*Tithonia diversifolia* Hemsl. Gray) como posible alternativa de alimentación animal. Tesis Licenciatura. Universidad del Tolima. Ibagué, Tolima.

Nash, D. 1976 Flora de Guatemala En: *Fieldiana: Botany* Vol 24, Part XII, p.323-325. Field Museum of Natural History.

NRC. 1985. Ruminant nitrogen usage. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

NRC. 2007. Nutrient requirements of small ruminants. National Academy Press, Washington, D.C. USA. 292pp. ISBN: 0-309-10213-8.

Odedire, J. A, and Oloidi F. F, 2014. Feeding wild sunflower (*Tithonia diversifolia* Hemsl., A. Gray) to West African Dwarf Goats as a dry season forage supplement. *World Journal of Agricultural Research*. 2:280-284

Olayeni, T. B.; Farinu, G. O.; Togun, V. A.; Adedeji, O. S. y Aderinola, A. O. (2006). Performance and haematological characteristics of weaner pigs fed wild sunflower (*Tithonia diversifolia* Hemsl. Gray) leaf meal. *Journal of Animal and Veterinary Advance*. 5: 499-502.

Orskov, E. R., De B Hovell, F. D. y Mould, F. 1980. Uso de la técnica de la bolsa de nylon para la evaluación de los alimentos. *Producción Animal Tropical* 5: 213-233.

Partida, H.M. 2015. Efecto del fruto *Guazuma ulmifolia* y *Pennisetum spp* en la dieta sobre el valor nutritivo y comportamiento productivo de ovinos de pelo. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nayarit, México.

Partida, H.M. 2012. Sustitución del grano de maíz por fruto de guásima (*Guazuma ulmifolia*) en la alimentación de corderos de pelo en etapa de engorda. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Nayarit, México.

Penzo, D. e Ibrahim, M. 1998. Sistemas silvopastoriles. Módulo de enseñanza agroforestal. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 258.

Pérez, A, Montejó, I, Iglesias, J.M, López, O., Martín, G.J., García, D.E., Idolkis Milián, y Hernández A. 2009. *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) A. Gray. Pastos y Forrajes. 32:1-15.

Pérez, G.; Nuños, C. y Padilla, A. 1980. Marco de referencia regional. Publicación especial No. 1. Campo Experimental Santiago Ixcuintla- CIAPAN-Inst. Nac. De Invest. Forestal. Agric. Y Pes. (INIFAP): 15-16.

Premaratne, S., Bruchem, J., Chen, X.B., Perera, H.G., Oosting, S.J., Van-Bruchem, J. 1998. Effects of type and level of forage supplementation on voluntary intake, digestion, rumen microbial protein synthesis and growth in sheep fed a basal diet of rice straw and cassava. *Asian Austral Asian Journal of Animal Sciences*. 11:692-696.

Ramírez-Rivera, U., Sanginés-García J.R., Escobedo-Mex J. G., Cen-Chuc, F., Rivera-Lorca, J. A. Lara-Lara, P. E. 2010. Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. *Agroforestry Systems* 80:295-302.

Ramirez, C. I., Pinto-Ruiz, R., Medima, F. J., Guevara, F., Gomez, H., Hernandez, A., Carmona, J. 2012. Producción y calidad del pasto maralfalfa (*Pennisetum* sp) durante la época seca. *Quehacer Científico en Chiapas* 1(13) 38-46.

Ríos, C. 1997. Botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray. En: árboles y arbustos forrajeros utilizados en la alimentación animal como fuente proteica. Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria. Cali, Colombia. 115:126.

Ríos, C. I. 1993 Efecto de la densidad de siembra y altura de corte sobre la producción de biomasa del botón de oro *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray, evaluada en cortes sucesivos. Investigación, validación y capacitación en Sistemas Agropecuarios Sostenibles. Convenio CETEC/IMCA/CIPAV. Informe de avance. Cali p81 -83.

Roig, J. T. 1974. Plantas medicinales, aromáticas o venenosas de Cuba. Ediciones de Ciencia y Técnica. Instituto del Libro. La Habana. 949 p.

Román, M. M. L., Palma, J. M., Zorrilla J., Mora A., y Gallegos A. 2008. Degradabilidad *in situ* de la materia seca de la harina del fruto de guásima, *Guazuma ulmifolia*, con dietas de frutos de especies arbóreas. *Zootecnia Tropical*. 26:227-230.

Rosales, M. (1996). In vitro assesment of the nutritive value of mixtures of leaves from tropical fodder trees. Tesis de Doctorado Department of plant sciences. Oxford University. Oxford, U.K. 214.

Salisbury, M. W., Krehbiel, C. R., Ross, T. T., Schultz, C. L., and Melton L. L. 2004. Effects of supplemental protein type on intake, nitrogen balance, and site, and extent

of digestion in whiteface wethers consuming low-quality grass hay. *Journal of Animal Science* 82:3567-3576.

SAS. 2002. SAS/STAT® User's Guide (Release 9.0) SAS Inst. Inc., CaryNC. Programacomputacional.

Schneider, B.H. and Flatt, W. P. 1975: The evaluation of feed through digestibility experiments. TheUniversityof Georgia Press Athens. USA.

Shimada, A. 1983. Fundamentos de nutrición animal comparativa (1ª Ed.). Asociación Americana de Soya. México. 369pp

Solarte, A. 1994 Experiencias de investigación participativa en sistemas de Producción Animal en dos zonas del Valle del Cauca. En: Memorias III Seminario Internacional Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios. Cali p49-72

Tapia, P.F. 2007. Citogenética de *Guazuma ulmifolia* var. *Ulmifolia* (Sterculiaceae). *Darwiniana*, nueva serie 45:23-27.

Torquebiau, E. 1993. Conceptos de Agroforestería: Una introducción. Universidad Autónoma de Chapingo México: 1-14.

Van Soest, P. J. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. O & B Books, Inc, U.S.A.

Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell University Press.

Vanzant, E. S., Cochran, R.C., Titgemeyer; E. C. 1998. Standardization of in situ techniques for ruminant feedstuff evaluation. *Journal of Animal Science*. 76:2717–2729.

Vargas, J. E. 1992 Evaluación de la aceptación del botón de oro en la dieta de las ovejas de pelo. III Seminario Internacional. Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios. Colombia. P 135.

Vega, G. E. 2015. Digestibilidad y comportamiento productivo de corderos de pelo, alimentados con dos fuentes de forraje proteico (*Tithonia* y alfalfa), ensilado de caña de azúcar con y sin pulidura de arroz. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Nayarit.

Vega, G. E., Sanginés G. L., Gómez, G. A., Hernández B. J. A., Solano, L., Escalera V. A., Loya-Olguin J. L. 2018. Reemplazo de alfalfa con *Tithonia diversifolia* en dietas de corderos alimentados con dietas a base de ensilado de caña de azúcar suplementadas con pulidura de arroz. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. (ACEPTADO).

Wambui, C.C., Abdulrazak, S.A., y Noordin, Q. 2006. The effect of supplementing urea treated maize stover with Tithonia, Calliandra and Sesbania to growing goats. *Livestock Research for Rural Development*, 18 (4).

Wanjau, S.; Mukalama, J. y Thijssen, R. (1998). Transferencia de biomasa: Cosecha gratis de fertilizante. Boletín de ILEI.