

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS



DIGESTIBILIDAD Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CORDEROS DE PELO, ALIMENTADOS CON DOS FUENTES DE FORRAJE PROTEICO (TITONIA Y ALFALFA), ENSILADO DE CAÑA DE AZÚCAR; CON Y SIN PULIDURA DE ARROZ.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT



SISTEMA DE BIBLIOTECAS

PRESENTA

M.V.Z. ESTEBAN VEGA GRANADOS

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

DIRECTOR: DR. JOSÉ LENIN LOYA OLGUIN

CO-DIRECTORA: DRA. LEONOR SANGINÉS GARCÍA

ASESOR: M.C. AGAPITO GÓMEZ GURROLA

Xalisco, Nayarit, Junio 2015.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE NAYARIT

Compostela, Nayarit a 18 de junio de 2015

Dr. Juan Diego García Paredes
Responsable de la Maestría y Doctorado en
Ciencias Biológicas, Agropecuarias y Pesqueras
Universidad Autónoma de Nayarit.
P r e s e n t e .

ASUNTO: Liberación de la tesis del
C. Esteban Vega Granados

Los que suscribimos, integrantes del Cuerpo Tutorial del C. Esteban Vega Granados, declaramos que hemos revisado en forma y contenido la tesis titulada: **DIGESTIBILIDAD Y COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE CORDEROS DE PELO, ALIMENTADOS CON DOS FUENTES DE FORRAJE PROTEICO (TITONIA Y ALFALFA), ENSILADO DE CAÑA DE AZÚCAR; CON Y SIN PULIDURA DE ARROZ**, por lo que damos nuestra aprobación para continuar con los trámites correspondientes para la obtención de grado, ya que en nuestra opinión cumple con el requisito parcial para obtener el grado de Maestría en el área de Ciencias Zootécnicas y Veterinarias

Sin nada más por el momento, quedamos de Usted

CUERPO TUTORIAL

DIRECTOR

Dr. José Lenin Loya Olguin

CO-DIRECTORA

Dra. Leonor Sanginés García

ASESOR

M. en C. Agapito Gómez Gurrola

Ccp. Archivo



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NAYARIT
POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICO AGROPECUARIAS

CBAP/141/15

Xalisco, Nayarit., 18 de junio de 2015

Ing. Alfredo González Jáuregui
Director de Administración Escolar
P r e s e n t e.

Con base al oficio de fecha 18 de junio de 2015, enviado por los CC. **Dr. José Lenin Loya Olguín, Dra. Leonor Sanginés García y M. en C. Agapito Gómez Gurrola**, donde se nos indica que el trabajo de tesis cumple con lo establecido en forma y contenido, y debido a que ha cumplido con los demás requisitos que pide el Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, se autoriza al **C. Esteban Vega Granados**, continúe con los trámites necesarios para la presentación del examen de grado de Maestría.

Sin más por el momento, me despido de usted y reciba un cordial saludo.

A t e n t a m e n t e
"Por lo Nuestro a lo Universal"

Dr/ J. Diego García Paredes
Coordinador del posgrado



Expediente.

8ref.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue determinar si titonia puede reemplazar a la alfalfa en la dieta de corderos a base de ensilado de caña de azúcar con y sin suplementación de pulidura de arroz evaluando la cinética de degradabilidad *in situ* (DIS), variables de fermentación ruminal (VFR), digestibilidad *in vivo* (DIV), balance de nitrógeno (BN), digestibilidad *in vitro* (DIVt) y comportamiento productivo (CP). Se trabajó con cuatro dietas experimentales, isoprotéicas e isocalóricas: Eca+td; Ensilado caña de azúcar (Eca) 68.6%; Titonia (td) 29.4%; Eca+a, Eca 63.7%, alfalfa (a) 34.3%; Eca+td+pa, Eca 46.0%, td 22.6% y pulidura de arroz (pa) 29.4 y Eca+a+pa, Eca 44.1%, a 24.5% y pa 29.4. Para DIS, VFR, DIV y BN se utilizaron cuatro borregos Black Belly (35 Kg \pm 1.2 Kg peso vivo) dotados con cánulas ruminales, en un diseño de cuadrado latino 4 x 4, con periodos de 21 días (14 días de adaptación y 7 toma de muestras). El pH ruminal disminuyó con la inclusión de pa en las dietas; sin embargo todos los valores observados estuvieron dentro de los rangos normales (6.2 – 7.0). La DIS fue mayor ($p < 0.05$) cuando los animales consumieron ECA + Td + PA y ECA+A+PA, en comparación con todas las dietas, no hubo diferencias debido a la fuente de forraje. La (DIS) y (DIV) de la materia seca y materia orgánica fue mayor ($P < 0.05$) En cuanto A BN fue positivo en las cuatro dietas; encontrando diferencias ($P < 0.05$) en el porcentaje de nitrógeno retenido, siendo mayor en las dietas Eca+td+pa y Eca+a+pa. Finalmente se efectuó una prueba de comportamiento productivo en donde se trabajaron 16 corderos de pelo recién destetados, de 11.41 ± 2.59 Kg de peso vivo; agrupados en 4 grupos. Las variables que se midieron fueron peso final, ganancia diaria de peso, ganancia total de peso, conversión alimenticia, observando; Eca+td 14.35 kg, 20.79 g/d y 19.04; Eca+a 13.32 kg, 23.74 g/d, 16.46; Eca+Td+pa 18.52 kg, 51.68 g/d, 8.71; Eca+a+pa 19.50 kg, 72.47 g/d, 7.51. No existen diferencias entre el uso de alfalfa y titonia, mejorando las variables productivas al suplementar con pulidura de arroz; sin embargo, al emplear titonia en la dietas se disminuyen costos por concepto de alimentación.

Palabras clave: Titonia, variables fermentación, digestibilidad, comportamiento productivo, banco de proteína, alternativa forrajera.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología,
por haberme apoyado económicamente durante
los estudios de maestría a través de la beca en el
período 2012 - 2014.

Al Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias
de la Universidad Autónoma de Nayarit,
por abrirme las puertas al conocimiento y apoyar
así en 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 y el apoyo
en la realización de análisis de laboratorio.

A la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia
perteneciente a 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.

Al CIPAV, Colombia; Dr. Enrique Murgueitio,
Dr. Carlos Hernando Molina,
Dr. Enrique José Molina y M.V.Z Juan José Molina,
por permitirme realizar una estancia en sus instalaciones; por las
atenciones brindadas y por el conocimiento, gracias.

Agradezco a Dios por el don de la vida, por ser quién guía cada uno de mis pasos, por todas las personitas que ha enviado a caminar junto a mí, por las bendiciones que llenan mi vida; pero especialmente por permitirme culminar con esta meta más en mi vida, muchas gracias.

A mi papá Cosme Vega Angeles; porque ha estado presente en cada momento de mi vida, atento a todo lo que me pasa; hablándome fuerte cuándo así se necesita, impulsándome a ser crítico y analizar todas las situaciones de mi vida, dándome sus consejos y amor; enseñándome a valorar todo lo que llega a mi vida. Por tu ejemplo de esfuerzo y lucha que me invita a imitarte. Te amo y agradezco infinitamente.

A mi mamá Irma Granados Cruz; por ese amor desbordante que me regalas día con día, por todos tus consejos, platicas, risas, pero también por esos momentos de firmeza en los que me haces recapacitar. Por ser ese angelote que Dios me envió, y que está pendiente de mí, desvelándose cuando así se requiere, desmadrugándose cuando se necesita. Pero sobre todo por ser quien ha guiado mis pasos, con ese magnifico ejemplo, de; amor, humildad, paciencia, alegría y paz. Te amo, mi más sincero agradecimiento.

A mi hermanita Gueanelli Vega Granados; por ser ese angelito que me llena de amor, comprensión, afecto. Por ser mi confidente, que escucha con atención, no solo lo que sale de mi boca, si no también lo que expresa mi cuerpo, dándome así el consejo más acertado, invitándome a reflexionar las cosas con mayor profundidad. Porque sin pedirte nada tu estas allí al pendiente de mi caminar y cuando llego a tropezar me detienes para no caer. Por ser motor y estructura de mi vida, por aceptar aventurarte conmigo en todas las circunstancias que mi mente imagina; por eso y más te amo, hermanita; mi gratitud por siempre.

A mis abuelitos Alfonso Vega Cano, Esther Angeles Aldana, Cristina Cruz Vera y Anastasio Granados Leal (†); por su amor, que a pesar de la distancia siento. Por ser guerreros de vida, que viven con determinación y entereza lo que Dios les manda a sus vidas; invitándome así a seguir sus pasos. Por los consejos, alegrías, por todo lo compartido, mis más sinceras gracias, los amo.

A ti prima, Lupita (†); quién en vida fuiste como mi hermana mayor, y ahora sé que eres un angelote que desde el cielo me acompaña; compartimos momentos, charlas, tan maravillosos, extraño aquellos tiempos. Tu manera de ver la vida con alegría, me inspira a seguir, sin importar las dificultades mundanas, te quiero y siempre estarás en mi corazón, gracias por todo.

A ti Lalin, mi hermanito clon, por todos esos momentos maravillosos que hemos compartido y por los no tan gratos, porque nos han hecho crecer como personas; por aventurarte en cada idea loca que a mi mente llega, gracias.

A todos mis queridos primos; Hilda, Karlita, Ali, Lizeth, Goldas (Diana, Laura, Tete), Emmanuel, David, Abraham, Lorena, Diego, Marian, Nancy, Salomón, Yazmin, Jorge, Jasson, Johan, Kenzie, José Francisco, Samuel, Dunixi; por ser parte de mi vida, por los momentos compartidos, porque de cada uno de ustedes aprende algo nuevo.

A mis tios y tias; por los consejos, atención, oraciones, por ser lo que son, pero sobre todo por enseñarme a disfrutar de la vida.

A mis amigos José Luis, Karmelita, Vilma, Vivianey, Chabe, Ana María, Adolfo, Maricela, Ime, Gabiruchis, Laurita, Michel, Chio, Betza, Ivonne, Maetzy, Judith, Gloria, Jazmin, Angelica, porque aún en la distancia hemos estado cerca, y por formar parte de mi vida, gracias.

A Gladys, Lilia, José Miguel, Don Toño; quiénes en estos 2 años, se convirtieron en mi segunda familia; compartiendo gratos momentos, gracias por lo que me han enseñado y por estar a mi lado.

A ustedes Misioneros Sembradores de Fe, los que fueron y los que son; por sus enseñanzas, por las risas que me hacen olvidar por un momento de la realidad, por que día a día me ayudan a crecer espiritual y profesionalmente, los quiero y llevo en el corazón.

A usted mi estimado P. Antonio Morales Morales; por sus oraciones, su tiempo, apoyo, consejos, por su grata amistad, gracias.

A los trabajadores de la Reserva Natural El Hatico; quienes me brindaron su amistad y afecto, los llevo en mi corazón.

A las doctoras Deneb Camacho Morfin y Lilian Morfin Loyden; por su apoyo, confianza, por los conocimientos y enseñanzas.

A todos los profesores del posgrado CBAP; por su tiempo, entrega, dedicación, por sus enseñanzas, mi agradecimiento y reconocimiento.

A todos los que evaluaron mi trabajo cada semestre, por sus consejos, enseñanzas, dedicación, llamadas de atención, gracias.

A Lucy, Álvaro, Misael y Salvador; por todo su apoyo recibido, por hacer menos cansado el trabajo con su compañía, chistes, risas; por su amistad, gracias.

Al M.C. Raúl Navarrete, por su apoyo en la realización de este trabajo, por sus consejos, por su amistad.

A la M.C. Rosa Maria Castillo, por su apoyo y tiempo prestado para la elaboración del presente trabajo.

A la Dra. Leonor Sanginés Garcia; por la orientación y ayuda que me brindó para la realización de este trabajo; por las oportunidades que me ha dado, pero sobre todo por su amistad, ya que todo en conjunto ha hecho que haya aprendido más de lo estudiado en esta etapa de mi vida, mi más sincero agradecimiento.

Al Dr. José Lenin Loya Olguín, por todas sus enseñanzas, por su tiempo dedicado para que este trabajo haya concluido satisfactoriamente, por corregirme en mis errores; porque sé que tengo un gran amigo en usted. Gracias.

Al M.C. Agapito Gómez Gurrola; por su gran colaboración durante estos años de estudio y confianza para el desarrollo de este trabajo. Gracias.

Al Dr. Jorge Aguirre Ortega (†), por el interés y compromiso en el presente trabajo, que desafortunadamente no pudo ver culminado. Gracias.

Probablemente olvide algún nombre y por lo tanto mis más sinceras disculpas para ellos.

ÍNDICE

	Página
RESUMEN	iv
AGRADECIMIENTOS	v
INDICE	viii
INDICE DE CUADROS	x
INDICE DE GRÁFICAS	xii
1. INTRODUCCIÓN GENERAL	1
2. CAPÍTULO I. <i>Tithonia diversifolia</i> , UNA ALTERNATIVA EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL (REVISIÓN).	3
Resumen	3
Descripción morfológica	4
Propagación	4
Mejoradora de suelo	5
Calidad nutricional	6
Alimentación animal	8
Alimentación en aves	8
Alimentación en cerdos	10
Alimentación en rumiantes	11
Conclusiones	14
Literatura citada	15
3. CAPÍTULO II. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE <i>Tithonia diversifolia</i> SOBRE LA CINÉTICA DE DEGRADACIÓN <i>IN SITU</i> Y FERMENTACIÓN RUMINAL EN BORREGOS ALIMENTADOS CON ENSILADO DE CAÑA DE AZÚCAR.	23
Resumen	23
Introducción	24
Materiales y Métodos	25

	Resultados y Discusión	29
	Conclusiones	39
	Literatura citada	39
4.	Capítulo III. Efecto de la suplementación de <i>tithonia diversifolia</i> sobre la digestibilidad <i>in vivo</i> y balance de nitrógeno en borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar.	43
	Resumen	43
	Introducción	44
	Materiales y Métodos	45
	Resultados y Discusión	48
	Conclusiones	53
	Literatura citada	53
6.	Capítulo IV. Comportamiento productivo de ovinos, comparando dos fuentes de forraje proteico (tironia y alfalfa), ensilado de caña de azúcar, con y sin pulidura de arroz.	57
	Resumen	58
	Introducción	59
	Materiales y Métodos	60
	Resultados y Discusión	62
	Conclusiones	
	Literatura citada	

Índice de cuadros

		Página
Cuadro 1.1	Composición química y digestibilidad de <i>Tithonia diversifolia</i> .	7
Cuadro 2.1	Porcentaje de inclusión y análisis químico de las dietas experimentales.	27
Cuadro 2.2	Cinética de desaparición <i>in situ</i> de la materia seca de las dietas.	31
Cuadro 2.3	Cinética de pH ruminal de borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con tironia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.	32
Cuadro 2.4	Cinéticas de producción de amoníaco (mg/100ml) de borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con tironia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.	34
Cuadro 2.5	Cinética de ácido acético (mmol/ml) de borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con tironia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.	35
Cuadro 2.6	Cinética de ácido propiónico (mmol/ml) de borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con tironia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.	36
Cuadro 2.7	Cinética de ácido butírico (mmol/ml) de borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con tironia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.	36
Cuadro 2.8	Cinética de ácido isovalérico (mmol/ml) de borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con tironia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.	37
Cuadro 2.9	Cinética de ácido valérico (mmol/ml) de borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con tironia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.	37

Cuadro 2.10	Cinética de ácidos grasos volátiles totales (mmol/ml) de borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con tironia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.	38
Cuadro 3.1	Ingredientes y composición química de las dietas experimentales.	47
Cuadro 3.2	Consumo y digestibilidad in vivo de la materia seca	51
Cuadro 3.3	Balace de nitrógeno	52
Cuadro 4.1	Porcentaje de inclusión de los ingredientes en las dietas experimentales	
Cuadro 4.2	Análisis químico de las materias primas	
Cuadro 4.3	Análisis químico de las dietas experimentales, fracciones de fibra, energía bruta	
Cuadro 4.4	Digestibilidad <i>in vitro</i> , de la materia seca y materia orgánica	
Cuadro 4.5	Prueba de comportamiento de borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con tironia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.	

Índice de gráficas

		Página
Gráfica 2.1	Cinética de pH ruminal	32
Gráfica 2.2	Relación ácidos grasos volátiles por dieta	38

INTRODUCCIÓN GENERAL

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, según datos oficiales (SAGARPA, 2007). En Nayarit el inventario estatal de ovinos en el 2005 fue de 38 899 cabezas, con una producción 161 toneladas, con un índice de productividad (inventario/toneladas de producción de carne) de 241 (Martínez *et. al.*, 2011). Los ovinocultores del estado se enfrentan a la carencia de planeación productiva, a la escasa organización, los nulos convenios de comercialización, la baja productividad, al igual que la rentabilidad de la actividad, aunado a una deficiente investigación en el ramo (Aguirre *et. al.*, 2010).

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); así mismo, 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 el uso de sistemas silvopastoriles (Torquebiau, 1993). Dentro de estos sistemas se consideran los bancos de proteína, con la finalidad de solucionar las deficiencias nutricionales de las gramíneas (Pezo, 1998; Llanderal, 2008) aportando más del 15% de proteína cruda (Pezo, 1998); Tal es el caso de la arbustiva que recibe el nombre de botón de oro o falso girasol (*Tithonia diversifolia*), con un contenido de proteína que va del 14 al 28%, además de poseer elevada degradabilidad ruminal de la materia seca y bajo contenido de fenoles y taninos (Rosales, 1996). Ésta tiene un amplio rango de distribución en la zona tropical, tolera condiciones de acidez y baja fertilidad en el suelo, tiene rápido crecimiento y baja demanda de insumos (Rios, 1997). Por otra parte se encuentra la alfalfa (*Medicago sativa*), que es llamada la reina de las plantas forrajeras; debido a su calidad nutritiva y a su diversidad de

formas de uso (pastoreo, heno, preparación de concentrados y principalmente para corte (Morfin, 2014). En nuestro país la totalidad de la alfalfa es producida bajo riego, dos de los problemas que enfrenta este cultivo son los bajos rendimientos, alrededor de 80 ton/ha, y el alto consumo de agua (SCHP, 2014). Una manera de contrarrestar las desventajas del trópico, es utilizar forrajes con alta producción de biomasa como la caña de azúcar que se puede cosechar en la época seca, lo que coincide con el déficit de forraje, por lo que es una de las especies alternativas en el trópico; siendo el estado de Nayarit el sexto productor de caña de azúcar a nivel nacional (Ortega y Ochoa, 2004). La caña de azúcar puede ser conservada mediante el proceso de ensilado (Garcés, 2000). Por otro lado las actividades agropecuarias y agroindustriales dan origen a una serie muy amplia de esquilmos y subproductos que se pueden emplear de diversas maneras para formular alimentos para los animales (González, 2008). Los principales esquilmos derivan en su mayor parte de cereales. Dentro de los subproductos agroindustriales también existe la pulidura de arroz; la cual está constituida por el pericarpio, tegmen, aleurona, parte del grano de arroz (polvo o fragmentos), cascarilla, germen entero o triturado; con un nivel de proteína cruda de 15.63, energía digestible (ED) de 3.79 Mcal/Kg y 3.10 Mcal/Kg de energía metabolizable (EMr) en rumiantes (NRC, 2007; Shimada, 2009)

1. CAPÍTULO I. *Tithonia diversifolia*, UNA ALTERNATIVA EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL (REVISIÓN).

Resumen

Las arbustivas pueden ser fuente importante de forraje para los animales, sobre todo en época de estiaje prolongada. Algunas especies arbóreas son de rápido crecimiento y buena calidad nutricional, además de tener la capacidad de producir forraje durante la época seca, cuando la necesidad de forraje es mayor. *Tithonia diversifolia* es una arbustiva nativa de México con un alto potencial forrajero. A la fecha existe información sobre su uso como restauradora de suelo, coadyuvante en los cultivos como fertilizante verde con valor nutricional. Los estudios sobre alimentación y respuesta animal son pocos; por lo tanto, el objetivo de este trabajo fue analizar la literatura existente sobre su establecimiento, manejo, así como uso como alternativa en la alimentación animal, teniendo como conclusión que *Tithonia diversifolia* es una especie arbustiva que posee características deseables como recurso forrajero, por lo que es promisoría en la alimentación de rumiantes y no rumiantes como aves y cerdos y recomendada como una opción estratégica para los sistemas de producción ovina, caprina y bovina. Su contenido en proteína cruda, rusticidad y resistencia, la convierten en una importante fuente alternativa de proteína en dietas para animales, en regiones tropicales, durante la época de estiaje, cuando la disponibilidad de forraje para el ganado se reduce significativamente.

Palabras clave: sistema silvopastoril, alimentación animal, arbustiva, forraje.

Descripción morfológica

T. diversifolia puede alcanzar una altura hasta de cuatro metros, presenta tallo erecto, ramificado. Sus ramas tiernas están cubiertas de pelillos, que con la edad se van perdiendo. Sus hojas son alternas, pecioladas, hasta de 20 cm de largo y 20 cm de ancho, generalmente divididas en 3 a 5 lóbulos, con dientes redondeados en el margen, la cara superior se encuentra cubierta con abundante pubescencia (Sánchez *et al.*, 2002).

La inflorescencia está compuesta por varias cabezuelas grandes, agrupadas, o solitarias, sobre pedúnculos fuertes (de hasta 20 cm de largo, en ocasiones cubiertos de pelillos); formada por pequeñas flores sésiles dispuestas sobre un receptáculo convexo, provisto en su superficie de brácteas (páleas) rígidas, puntiagudas, de hasta 11 mm de largo (con algunos pelillos en su superficie), que abrazan a las flores del disco; las cuales son liguladas, ubicadas en la periferia de la cabezuela; la corola de hasta 6 cm de largo, es un tubo en la base y a manera de cinta hacia el ápice, semejando un pétalo de una flor sencilla, de color amarillo brillante o anaranjado, con 2 o 3 dientes en el cúspide (Villaseñor y Espinosa, 1998).

El fruto es seco y no se abre (indehiscente), contiene una sola semilla, se le conoce como aquenio, es oblongo, de hasta 6 mm de largo, cubierto de pelillos recostados sobre su superficie, en el ápice del fruto se presenta una estructura llamada vilano que consiste en 2 aristas (raramente ausentes) desiguales, de hasta 4 mm de largo y además de 6 a 10 escamas de hasta 2.5 mm de largo, unidas en la base e irregularmente divididas en su margen superior en segmentos muy angostos (Villaseñor y Espinosa, 1998).

Propagación

Tithonia diversifolia puede desarrollarse desde el nivel del mar hasta 2700 m de altitud, con precipitaciones que fluctúan entre 800 a 5000 mm y en diferentes tipos de suelo, tolerando condiciones de acidez y baja fertilidad (Sánchez *et al.*, 2002).

Es capaz de propagarse en su hábitat a partir de semillas las cuales presentan un alto porcentaje de germinación, creciendo de manera espontánea a orillas de caminos y ríos (Sánchez *et al.*, 2002). Cuando se establece a partir de semillas en

el campo, la germinación puede ser pobre si la siembra de la semilla es profunda o se cubre con tierra arcillosa; sin embargo, cuando se cubre con una capa fina de tierra arenosa y mantillo de hierba mejora la germinación (King'ara, 1998).

Es muy fácil su reproducción por esquejes (varetas) de tallo de 20 - 40 cm de longitud, se establecen fácilmente, independientemente del ángulo en el que se inserten en el suelo. Al ser enterrados de manera horizontal, son menos eficaces que los insertados ya sea en posición vertical o con alguna inclinación en el suelo, el cual tiene que estar húmedo, inmediatamente después de la recolección y no permitir que el sol los seque para tener una mayor viabilidad (King'ara, 1998). Por su parte González *et al.*, (2006) evaluaron su comportamiento agronómico en condiciones de vivero, encontrando que las estacas en su mayoría presentaron buena respuesta al rebrote, sin considerar la longitud de las mismas.

Ruiz *et al.*, (2010) estudiaron diferentes indicadores de *Tithonia diversifolia*, durante dos años; encontrando como caracteres no deseados el grosor del tallo (7.3 mm), número de flores/planta (152) y número de hojas caídas/planta (414); mientras que para la estación seca, el número de hojas caídas (558) y altura de la primera hoja verde (52 cm), los autores concluyeron que esta arbustiva puede ser utilizada en sistemas silvopastoriles.

Existen diferentes recomendaciones para el establecimiento y siembra de *T. diversifolia*, con distancias que van de 0.50 metros entre planta, 0.75 m x 0.75 m; 0.75 m x 1 m ó bien 1 m x 1 m entre surcos (Ruiz *et al.*, 2010); de lo anterior va a depender la densidad de plantas por Ha que se quiera en el sistema a implementar. En zonas de laderas se siembra en curvas a nivel a una distancia 0.5 a 1 m entre plantas y 1.8 a 4 m entre surcos, según la pendiente del terreno (Espinel *et al.*, 2004).

Mejoradora de suelo

La adición de biomasa de árboles o arbustos en cultivos han contribuido en los sistemas sostenibles de uso de la tierra en los trópicos (Partey *et al.*, 2010). Como consecuencia de la alta concentración de nitrógeno, fósforo y potasio en *Tithonia diversifolia* comparada con otras fuentes de materia orgánica (Generose *et al.*,

1998) esta especie resulta ser una fuente de materia orgánica de alta calidad, en cuanto a la liberación y suministro de nutrimentos (Olabode *et al.*, 2007).

Rutunga *et al.*, (2003), emplearon tironia como mejoradora de suelo en el cultivo de maíz, picando la biomasa a un tamaño de 5 cm de longitud e incorporándola en el suelo una semana antes de la siembra, además de adicionar fósforo, con lo que obtuvieron resultados favorables, ya que incrementaron 40% la producción de maíz, comparado con parcelas con otros tratamientos. En Filipinas se utiliza como abono verde en cultivos de arroz (Cairns, 1996).

Otros autores señalan la factibilidad de utilizarla como abono verde y mejoradora del suelo por su rápida velocidad de descomposición y gran capacidad de movilizar el fósforo del suelo (Kass, 1999).

Calidad nutricional

Existen evidencias de que las especies de plantas como la tironia, acumulan tanto 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 del 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).

En el Cuadro 1.1, se presentan resultados de análisis químicos y digestibilidad de la materia seca y orgánica, citados por distintos autores. Los valores de proteína cruda son superiores al 18% e incluso la mayoría de ellos mencionan que contiene más del 20%, con una digestibilidad de MS del 70% y contenidos bajos de FDN, lo cual la coloca como un recurso forrajero de alta calidad para la alimentación animal. Por su parte Rosales (1992), encontró valores de 23% de materia seca, 21,4% de ceniza, 78,6% de materia orgánica, valores medios de fibra (33.5% de FDN y 30.4% FDA) y 24,3% de proteína cruda.

Cuadro 1.1. Composición química y digestibilidad de *Tithonia diversifolia*

Etapa fenológica y parte	%								Fuente
	PC	FDN	FDA	FC	C	EE	DMS	DMO	
Vegetativa (Hoja y tallo)	16.61	45.01	36.63	-	-	-	46.5	-	Mauricio et al., 2014
Prefloración (Hoja y tallo)	11.72	44.65	36.35	-	-	-	48.9	-	
(Hoja y tallo)	17.0	51.0	25.0	-	13.0	3.5	-	-	Ekeocha, 2012.
(Hoja y tallo)	-	-	-	-	-	-	72-79	56-66	La O et al., 2012.
(Hojas y tallos)	23.6	37.6	-	-	17.7	-	-	-	Orestes et al., 2012.
60 días (Hojas, peciolo y tallos)	28.9	43.6	27.6	-	-	-	-	-	Verdecia et al., 2011.
120 días (Hojas, peciolo y tallos)	26.1	46.8	29.7	-	-	-	-	-	
180 días (Hojas, peciolo y tallos)	18.0	50.5	32.1	-	-	-	-	-	
(Hojas)	20.6			16.9	14	4			Fasuy e Ibitayo, 2011.
(Hojas y tallo)	20.1	35.2	-	-	17.9	-	-	-	Ramirez et al., 2010.
(Hojas y tallos)	25.6	38.4	-	-	14.91	-	69.7	70.1	García et al., 2008.
Hojas	22.4%								Medina et al., 2009
(Hojas y tallo)	18.9	-	-	11.0	13.2	5.5	-	-	Olayeni et al., 2006
(Hojas)	29.1	26.6	23.9	-	12.4	3.2	-	-	Wambui et

									et al., 2006
Hojas y tallos 30 días	23.4	41	31						García, 2004
Hojas y tallos	22			1.6	12.7				Ríos, 2003
(Hojas)	24.2	35.3	30.4			14			Rosales, 1996
Crecimiento Avanzado	28.51	-	-	3.8	15.7	1.9	-	-	Navarro y Rodríguez 1990.
Prefloración	27.5	-	-	2.5	15.05	2.27	-	-	
Floración	20.2	-	-	3.3	12.7	2.26	-	-	

Alimentación animal

T. diversifolia es apreciada por los apicultores como fuente de néctar tanto en Filipinas (Cairns, 1997) como en Colombia, mencionando que el apiario se rodea con una franja ancha de *T. diversifolia*, sembrada a partir de estacas a 1 m de distancia. Se organizan tres anillos de corte, los cuales se cosechan en forma escalonada con un intervalo de 4 meses entre ellos, estableciendo una frecuencia anual de corte a las plantas. De esta manera hay disponibilidad de flores todo el año para la alimentación de las abejas y el cultivo cumple también con las funciones de rompe vientos y protección del apiario. La biomasa producida por las plantas se deja en el sitio, para su descomposición e incorporación lenta al suelo (Quintero et al., 2007).

Por otra parte existe información del uso de esta especie en la alimentación de conejos, cuyes, vacas, cerdos y tilapia (Solarte, 1994); así mismo diferentes autores mencionan que en Colombia y otros países del área tropicales una práctica el uso del follaje de tilonia en la alimentación de conejas de cría y animales de engorda (Rosales, 1992; 1996; Ríos y Salazar, 1995; Ríos, 1999).

Alimentación en aves

Se han realizado ensayos con resultados satisfactorios, al incorporar hojas de *T. diversifolia* en raciones para alimentación de gallinas (Cairns, 1997). Togun et al. (2006a) recomiendan la inclusión en forma de harina en una concentración de 5%

en la dieta de gallinas de postura en etapa de crecimiento a partir de las 9 semanas en sustitución del maíz, sin que se afecte el crecimiento; así mismo la postura disminuyó con niveles de inclusión de 10, 15 y 20% con respecto al 5 y 0; la calidad del huevo no se vio afectada, excepto en las unidades Haugh.

Por otra parte al estudiar inclusiones de 0, 10, 15, 20, 25 y 30% de tironia en la dieta de pollos en pubertad (18 semanas de edad), se encontró que niveles superiores al 10% afecta el crecimiento testicular y por lo tanto la espermatogénesis, por lo que es importante considerar este aspecto en donde la fertilidad de los gallos es fundamental (Togun *et al.*, 2006b).

Odunsi *et al.*, (1996) evaluaron la influencia de harina de hojas de *Tithonia diversifolia* en la dieta de gallinas ponedoras sobre el desarrollo de los animales y la calidad del huevo. Seis grupos de 72 ponedoras de la línea comercial Nera Black en su cuarto mes de postura fueron alimentados con un concentrado comercial y con una dieta elaborada que contenía 0, 5, 10, 15 y 20% de harina de hojas de *Tithonia diversifolia*. La producción de huevos se mantuvo en todas las dietas. El consumo voluntario varió desde 96.3 g/animal/d para la dieta que contenía 20% de *Tithonia diversifolia* hasta 107 g/animal/d para la dieta de concentrado comercial. La conversión alimenticia en términos de kg de alimento consumido por docena de huevos fue mejor para la dieta que contenía 15% de harina de *Tithonia diversifolia*, mientras que con el concentrado comercial se obtuvo el mayor costo del alimento consumido por docena de huevos.

En todas las dietas estudiadas se tuvo una ganancia neta de peso positiva. El índice de la yema, el grosor de la cáscara y el peso de los huevos no tuvieron diferencia significativa. El color de la yema fue mayor para todas las dietas que contenía *Tithonia diversifolia* con relación al concentrado comercial. No hubo mortalidad durante las 12 semanas de evaluación. Considerando la calidad nutritiva reportada en la harina de *Tithonia diversifolia* y los resultados de esta evaluación, esta planta muestra un gran potencial de uso en gallinas ponedoras, recomendándose el suministro del 15% como porcentaje de la dieta (Odunsi *et al.*, 1996).

En cuanto al pollo de engorda, se realizó una prueba biológica con 13 especies forrajeras, entre ellas *Tithonia diversifolia*, en animales de siete días de edad, a los cuales se les sustituyó el 20% del concentrado comercial por follaje seco y molido de cada especie, durante siete días. La ganancia de peso y el consumo de los animales alimentados con *T. diversifolia* estuvo en el rango del 75-99. % con relación al control, considerado por el autor como muy alto respecto a las otras especies evaluadas. Hubo una tendencia a mayor ganancia de peso a mayor contenido de proteína de la especie forrajera, menor cantidad de saponinas y fenoles y mayor digestibilidad de la dieta. La conversión alimenticia estuvo entre 125-150% comparada con el control. *Tithonia diversifolia* finalmente fue clasificado como uno de los forrajes con mayor potencial para la alimentación de alimentos no rumiantes (Mahecha y Rosales (2005).

Susana y Tangendjaja (1988), realizaron un estudio con el fin de evaluar en aves de corral el efecto de la proteína foliar de *Tithonia diversifolia* obtenida de forma concentrada, aislándola de otros componentes (principalmente fibra), sobre la ganancia de peso y consumo alimenticio. Se utilizó un diseño en bloques completos al zar con 5 repeticiones, considerando 5 aves/repeticón. Los tratamientos fueron: control sin proteína concentrada de *Tithonia diversifolia*, y con 10 y 20% de la proteína foliar concentrada. El alimento fue ofrecido en forma de harina. La ganancia de peso a las 4 semanas no presentó diferencias significativas entre tratamientos y el consumo alimenticio no se vio afectado por los tratamientos. Estos resultados indican que la proteína foliar concentrada de *Tithonia diversifolia* puede ser usada en raciones de aves de corral hasta en un 20% sin efectos adversos.

Alimentación en cerdos

Fasuyi e Ibitayo (2011), analizaron el uso de *T. diversifolia* en cerdos en crecimiento, demostrando que podría funcionar de manera óptima con un 10% de inclusión en su dieta, e incluso hasta un 20%, ya que cuando se incluyó el 30% perjudicó la ganancia diaria de peso y el índice de conversión. Datos similares fueron los hallados por Savón *et al.*, (2008) sugiriendo su uso también hasta en 20% de harina de *Tithonia* en sustitución de forraje, esto para no encontrar efectos

negativos en la morfometría de los órganos gastrointestinales de los cerdos en desarrollo.

Por su parte, Pedroso (2008) en su trabajo de investigación encontró ganancias de más de 600 g/día en cerdos de 20 kg de peso a los que se les suministró una ración que contenía sorgo y pienso, complementada con *Tithonia* presecada y molida en un 30%, sin que se detectaran problemas de salud u otra deficiencia. Este autor refiere que el forraje de esta arbustiva (sobre todo cuando se suministra fresco) es rechazado al inicio debido a que las sesquiterpenlactonas tienen una marcada influencia en la aceptabilidad por los monogástricos, ya que estos compuestos le confieren al forraje un acentuado sabor amargo (Personious *et al.*, 1987, Villalba y Provenza, 2005); aunque después los animales se adaptan y lo consumen normalmente, por lo que recomienda suministrarlo integrado al alimento, secado y molido.

Alimentación en rumiantes

Ramírez, *et al.* (2010), evaluaron la *Tithonia* a 0, 20, 35, 50 % de inclusión, en una dieta basada en heno de pasto Taiwan y melaza de caña de azúcar en borregas, obteniendo aumento ($p < 0.01$) en el consumo de materia seca (44-48 %), materia orgánica (43 %), proteína cruda (55-139 %) y en la digestibilidad de materia seca (12 %), materia orgánica (10 %) y fibra detergente neutro (20 %). Concluyeron que los niveles de inclusión de *Tithonia* superiores al 20 % no modifican la retención de nitrógeno. Como resultado de lo anterior se considera una fuente alternativa de nitrógeno en ovinos en pastoreo o combinada con forrajes de baja calidad.

Otro trabajo realizado en Colombia (Ríos 1998), en donde se evaluó la aceptación de *tithonia* en cuatro ovinos de pelo, a los cuales se les suministró el 50 y 100% de la dieta básica a partir de *T. diversifolia* fresca comenzando la floración y picada en partículas de 2-4 cm durante 5 días. Ambas dietas se complementaron con bloque multinutricional (10% de urea) a voluntad y follaje de matarratón (*Giricidia sepium* 3% del peso vivo en base fresca). En el caso de la dieta con 50% se complementó con cogollo de caña de azúcar picado. Se observó que con la dieta de 50% los animales consumieron 868 g/día en base fresca, lo que equivale a 369

g/día en base seca. En la de 100% el consumo fresco fue de 1668 g/día, correspondiente a 712 g/día en base seca.

Premaratne *et al.* (1998), evaluaron los efectos del tipo y nivel de suplementación forrajera en el consumo voluntario, digestión, síntesis de proteína microbial y crecimiento de ovejas alimentadas con una dieta basal de paja de arroz y yuca. La evaluación se llevó a cabo durante 30 días en ovejas Dorset X South Down, en crecimiento. El peso promedio inicial fue de 20.6 kg and y el final de 23.7 kg. El forraje utilizado incluyó *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia* en un nivel de suplementación diario de 13 g/kg^{0.75}. Se encontró un consumo de materia orgánica diario de 40.4, 55.5, 55.0 and 54.9 g/kg^{0.75}, para el testigo (paja de arroz y yuca *ad libitum*), *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia*, respectivamente.

El suplemento forrajero tuvo un efecto positivo en el consumo voluntario de la dieta básica. Todas las dietas que incluían suplementación forrajera, mostraron una mayor digestión de la materia orgánica que el testigo: testigo 488 g/kg, *Tithonia diversifolia* 557 g/kg, *Leucaena leucocephala* 516 g/kg, *Gliricidia sepium* 526 g/kg. La ganancia de peso diaria fue de -1.7, 5.2, 5.4 y 4.7 g/kg, para el testigo, *Leucaena*, *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia* respectivamente. La eficiencia de la síntesis de proteína microbial estimada por excreción urinaria de derivados de purinas, fue bajo para el testigo (3.8 g N microbial/kg materia orgánica digestible consumida) y presentó diferencias significativas respecto a los demás tratamientos: 11.3, 9.0 y 9.4 g N microbial/kg materia orgánica digestible consumida para *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Tithonia diversifolia*, respectivamente. Estos resultados muestran que de las tres especies forrajeras utilizadas, *Tithonia diversifolia*, tuvo el mayor consumo diario de materia orgánica, la mayor digestibilidad de la materia orgánica y el mayor incremento de peso (Premaratne *et al.*, 1998).

Otra especie en la que se ha utilizado *Tithonia diversifolia* es en cabras, y se menciona que no se afecta el consumo, ni la digestibilidad de las dietas y que los animales tuvieron una ganancia de 35.5 g/día, así mismo que se comportó mejor cuando se comparó con forrajes de *Calliandra* y *Sesbania*, lo cual muestra un gran

potencial como suplemento de proteína en forrajes de baja calidad como son los rastrojos y pajas (Wambui *et al.*, 2006). En otro trabajo se determinó la digestibilidad de titonia en cabras, obteniendo un porcentaje para materia seca de 53.7 %, 67.8 % para PC y 58.5 % para FDN; el consumo de materia seca fue mayor cuando se ofreció *Tithonia* sola, que cuando se combinó con otros forrajes; la retención N fue baja debido a la alta excreción de N en la orina (Sao *et al.*, 2010), lo cual concuerda con lo reportado por Pathoummalangsy y Preston (2008). Estos autores concluyeron que la *expresión del potencial de follaje fresco de *Tithonia* (alto consumo de alimentación y alto contenido de proteína cruda) requiere de complementos para mejorar el crecimiento microbiano en el rumen por lo que se requiere la adición de carbohidratos fermentables y de esta manera aumentar la oferta de proteína de sobrepaso.

En la actualidad los productores lecheros en general se ven obligados a producir más eficientemente para poder ser competitivos en el mercado, lo cual implica disminuir costos sin afectar producción y vida útil de los animales. Las estrategias han sido planteadas principalmente hacia la búsqueda de alternativas que permitan disminuir la suplementación de hembras destinadas a la lechería, lo cual es considerado como el principal rubro de la canasta de costos de producción, en la mayoría de las explotaciones. En este contexto, la suplementación con plantas forrajeras leguminosas o no leguminosas cobra especial interés. Existen pocos trabajos realizados con *Tithonia diversifolia*, sin embargo, se menciona que en Colombia se ha empleado este forraje en ganado lechero (Ríos, 1998). En este contexto, la suplementación con plantas forrajeras leguminosas o no leguminosas cobra especial interés.

Mahecha y colaboradores (2007), evaluaron la producción y la calidad de la leche de vacas F1 Holstein x Cebú suplementadas con forraje de botón de oro como reemplazo parcial del alimento concentrado. Los autores no encontraron diferencias significativas en la producción de leche: en época de lluvias 12,5 litros con 100% de suplementación con concentrado frente a 12,4 litros vaca⁻¹ día⁻¹ con sustitución del 35% del concentrado por botón de oro fresco y en época seca

11,71 litros con 100% concentrado frente a 12,16 litros vaca⁻¹ día⁻¹ con sustitución de botón de oro.

En el trabajo antes mencionado se registraron pequeñas diferencias en la calidad de la leche a favor de las vacas que consumieron la mayor proporción de *Tithonia diversifolia*. El nivel de proteína se elevó a 3,82% (comparado con 3,51% en las vacas de 100% concentrado) y el de grasa llegó a 3,9% (comparado con 3,48%) lo que podría representar un incremento en el precio de la leche de acuerdo con la bonificación por la calidad del producto. Por esta razón, recomendaron esta especie como opción estratégica para reducir la suplementación de hembras lecheras y aumentar así la eficiencia de los sistemas de producción bovina de leche (Mahecha et al., 2007).

Conclusiones

El follaje de *Tithonia diversifolia* presenta variaciones en su calidad nutritiva dependiendo del estado vegetativo en que se encuentre. A los 30 días y prefoliación (50 días), se encontraron los valores más altos de proteína. Estos resultados sumados a los reportes de Ríos (1998) sobre la capacidad de recuperación de las plantas en cortes sucesivos (19 cm/35 días y 44 cm/49 días utilizando densidades de siembra de 0.75m x 0.75 m), podrían indicar que el momento más adecuado para cosechar el forraje con fines alimenticios, sin causar deterioro en el cultivo, es su estado de prefloración (cortes cada 49-50 días), en el cual es factible obtener una producción de biomasa de 31.5 toneladas/ha.

La información sobre la utilización de *Tithonia diversifolia* en la alimentación animal es escasa. Sin embargo, los estudios reportados permiten dar una idea sobre su potencial de uso. En términos generales se caracteriza por un alto contenido de nitrógeno total, una alta proporción de nitrógeno de naturaleza aminoacídica, un alto contenido de fósforo, una rápida degradabilidad y fermentación a nivel ruminal, una baja proporción de N ligado a la fibra dietética insoluble, un bajo contenido de fibra y compuestos del metabolismo secundario. Además se presume la presencia de sustancias pigmentantes que la hacen atractiva en la alimentación de aves.

Por lo tanto, *Tithonia diversifolia* es una especie arbustiva que posee características deseables como recurso forrajero, por lo que es promisoría en la alimentación de rumiantes y recomendada como una opción estratégica para los sistemas de producción ovina, caprina y bovina. Su contenido en proteína cruda, rusticidad y resistencia, la convierten en una importante fuente alternativa de proteína en dietas para animales, en regiones tropicales, durante la época de estiaje, cuando la disponibilidad de forraje para el ganado se reduce significativamente.

Además de contribuir en la alimentación animal, presenta propiedades que favorecen la fertilidad del suelo, sirven como barrera rompe vientos y cerco vivo.

Literatura citada

- Adoyo, F., Mukalama, J.B. y Enyola, M. (1997). Using *Tithonia* concoctions for termite control in Busia District, Kenya. *ILEIA Newsletter* 13: 24-25.
- Benavides, J. (1994). *Árboles y arbustos forrajeros de América Central*. CATIE, Unidad de Agroforestería y Rumiantes Menores. 2(F142). 531-58.
- Cairns, M.F. (1996). Study on Farmer Management of Wild Sunflowers (*Tithonia diversifolia*) short communication. ICRAF SE. Asian Regional Research Programme.
- Cairns, M.F. (1997). *Fallows, fodder and fences the critical elements of integrating livestock into swidden systems*. Workshop Problems and Opportunities for Livestock held in Vientiane, Lao P.D.R. pp. 19-23.
- Ekeocha, A. H. (2012). Performance of Growing West African Dwarf Ewe Fed Mexican Sunflower Leaf Meal Based Diets. *Journal of Recent Advances in agriculture*. 1(3): 69-76.
- Espinel, M.R.; Valencia, C.L.; Uribe, T.F.; Molina, C.H.; Molina, E.J.; Murgueitio, R.E.; Galindo, W.; Mejía, C.E.; Zapata, A.; Molina, J.P. y Giraldo, G. J. (2004). *Sistemas Silvopastoriles Establecimiento y Manejo*. Ed. CIPAV-COLCIENCIAS. Cali, Colombia. pp. 417-430.

- Fasuyi, A.O. e Ibitayo F.J. (2011). Nitrogen balance and morphometric traits of weanling pigs fed graded levels of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) leaf meal. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*. 11 (5): 5125-5141.
- García, L. (2004). *Caracterización nutricional de botón de oro Tithonia diversifolia Gray*. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia.
- García, D.E.; Medina, M.G.; Cova, L.J.; Soca, M.; Pizzani, P.; Baldizán, A. y Domínguez, C.E. (2008). Acceptability of tropical tree fodder by cattle, sheep and goats in Trujillo State, Venezuela. *Zoot. Trop.*, 26(3): 191-196.
- Generose, N.; Cheryl, B.; Rowland, J.B. y Paul, C.S. (1998). Soil phosphorus fractions and absorption as affected by organic and inorganic sources. *Plant and Soil*. 1 (8): 159-168.
- Giraldo, C.; Street, Z.; Ambrecht, I. y Montoya, J. (2006). *Effect of Tithonia diversifolia (Asteraceae) on herbivory of Attacephalotes (Hymenoptera: Formicidae)*. IV Congress Latin American of Agroforestry for sustainable animal production and III Symposium on Silvopastoral for production system swins sustain. Indian, Hatuey. Matanzas, Cuba. p. 113.
- González, L.G.; Román, M. L. y Mora A.S. (2006). *Evaluación del crecimiento de Tithonia diversifolia (Hemsl. Gray) colectadas en dos localidades del Estado de Jalisco*. XVII Semana de la Investigación Científica, Avances en la investigación científica en el CUCBA. México. p. 80
- Jama, B.; Palm C.A.; Buresh, R.J.; Niang, A.; Gachengo, C.; Nziguheba, G. y Amadalo, B. (2000). *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya a review. *Agrofor Syst*. 49: 201-22.
- Kass, D. (1999). Proyecto *Tithonia diversifolia*. Agroforestería en las Américas. 6: 78.

- Kayuki, K.C. y Wortmann, C.S. (2001). Plant materials for soil fertility management in subhumid tropical areas. *Agron. Jour.* 93: 929-935.
- King'ara, G. (1998). Establishment methods of *Tithonia diversifolia* from seeds and cuttings. Report for certificate. Rift Valley Technical Training Institute. Eldoret, Kenya.
- La O, O.; Bernal, H.; Valenciaga, D.; Castro, B., y Hernández Y. (2012). 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.* 46(1): 47.
- Liasu, M.O. y Atayese, M.O. (1999). Phonological changes in *Tithonia diversifolia* community and potential for soil conservation. *Weed Sci.* 12: 35-44.
- Mahecha, L.; Escobar, J.P.; Suárez, J.F. y Restrepo L.F. (2007). *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray (botón de oro) como suplemento forrajero de vacas F1 (Holstein por Cebú). *Livestock Research for Rural Development.* 19: 2.
- 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. *Livestock Research for Rural Development.* 17: 100.
- Mauricio, R. M., Ribeiro, R. S., Silveira, S. R., Silva, P. L., Calsavara, L., Pereira, L. G., & Paciullo, D. S. (2014). *Tithonia diversifolia* for ruminant nutrition. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales,* 2(1), 82-84.
- Medina, M. G.; Garcia, D. E.; González, M. E.; Cova, L. J. y Moratinos, P. (2009). Morpho-structural variables and biomass quality of *Tithonia diversifolia* at initial stage of growth. *Zootecnia Tropical.* 27 (2): 121-134.
- Moronkola, D. O.; Ogunwande, I. A.; Walker, T. M.; Setzer, W. N. y Oyewole, I.O. (2007). Identification of the main volatile compounds in the leaf and flower of *Tithonia diversifolia* (Hemsl) Gray. *Journal of Natural Medicines,* 61(1): 63-66.

- 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.
- Odunsi, A.A.; Farinu, G.O. y Akinola, J.O. (1996). Influence of dietary wild sunflower (*Tithonia diversifolia* Hemsl. Gray) leaf meal on layers performance and egg quality. *Nigerian Journal of animal production*. 23 (1): 28-32.
- Olabode, O.S.; Ogunyemi, S.; Akanbi, W.B.; Adesina, G.O. y Babajide, P.A. (2007). Evaluation of *Tithonia diversifolia* (Hemsl. Gray) for Soil Improvement. *World Journal of Agricultural Sciences*. 3 (4): 503-507.
- 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 (6): 499-502.
- Orestes, L.L.; Bernal, H.; Valenciaga, D.; Castro, B. I. y Hernández, Y. (2012). 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*. 46 (1): 47.
- Oyewole, I.O.; Ibadapo, C.A.; Moronkola, D.O.; Oduola, A.O.; Adeoye, G.O.; Anyasor, G.N. y Obansa, J.A. (2008). Anti-malarial and repellent activities of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) leaf extracts. *Journal of Medicinal Plants Research*. 2 (8): 171-177.
- Pathoummalangsy, K. y Preston, T.R. (2008). Effects of supplementation with rumen fermentable carbohydrate and sources of 'bypass' protein on feed intake, digestibility and N retention in growing goats fed a basal diet of foliage of *Tithonia diversifolia*. *Livestock Research for Rural Development*. 20: 34.

- Partey, S.T.; Quashie-Sam, S.J.; Thevathasan, N.V. y Gordon, A. M. (2010). Decomposition and nutrient release patterns of the leaf biomass of the wild sunflower (*Tithonia diversifolia*): a comparative study with four leguminous agroforestry species. *Agroforestry systems*. 81(2): 123-134.
- Pedroso, A. (2008). Empleo de la *Tithonia* en la preceba de cerdos en la EEPF "Indio Hatuey". Trabajo de Curso. EEPF "Indio Hatuey" - Sede Universitaria de Perico. Matanzas, Cuba. pp. 38
- Pérez, A.; Montejo, I.; Iglesias, J.M.; López, O.; Martín, G.J.; García, D.E.; Millán, I. y Hernández, A. (2009). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray. *Pastos y Forrajes*. 32 (1): 1-15.
- Personious, T.L.; Nwambolt, C.R.; Stephens, J.R, y Keiser, R.C. (1987). Crude terpenoid influence on muledeer preference for sage brush. *J Range Manag*, 40(1): 84-87.
- Premaratne, S.; Bruchem, J.; Chen, X.B.; Perera, H.G.; Oostling, S.J., Van-Bruchem, J. y Premaratne, S. (1998). Effects of type and level of forage supplementation non voluntary intake, digestion, rumen microbial protein synthesis and growth in sheep fed a basal diet of rice straw and cassava. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*. 11(6): 692-696.
- Quintero, V.; García G. y Peláez A. (2007). Evaluación de harina de botón de oro en dietas para conejos en etapa de crecimiento. *Acta Agronómica*, 56(4): 203-206.
- Ramírez, R.U.; Sanginés, G.R.; Escobedo, M.J.; Cen, C.F.; Rivera, L.J. y Lara, R.P. (2010). Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. *Agroforestry systems*. 80 (2): 295-302.

- Ríos, C.I. y Salazar, A. (1995). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una fuente proteica alternativa para el trópico. *Livestock Research for Rural Development*. 6 (3): 75.
- Ríos, C.I. (1998). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. Conferencia electrónica de la FAO-CIPAV sobre Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. pp. 217-230.
- Ríos, C.I. (1999). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. Agroforestería para la producción animal en América Latina. Sánchez, M.D. y Rosales, M. Roma. pp. 311.
- Ríos, K. C. (2003). *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. Agroforestería para la Producción Animal en América Latina-II. Memorias de la Segunda Conferencia electrónica. Dirección de Producción y Sanidad Animal FAO. pp. 217-230.
- Rosales, M. (1992). Nutritional value of Colombian fodder trees. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria y Natural Resources. Institute United Kingdom. pp. 50.
- Rosales, M. (1996). In vitro assessment of the nutritive value of mixtures of leaves from tropical fodder trees. D. Phil. Oxford University, Oxford, UK.
- Ruiz, T. E.; Febles, G.; Torres, V.; González, J.; Achang, G.; Sarduy, L. y Díaz, H. (2010). Assessment of collected materials of *Tithonia diversifolia* (Hemsl.) Gray in the center-western region of Cuba. *Cuban Journal of Agricultural Science*. 44(3).
- Rutunga, V.; Gachene, C. K.; Karanja, N. K. y Palm, C. A. (2003). Grain maize yield improvement using *Tephrosia vogelii* and *Tithonia diversifolia* biomass at Maseno. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2: 1-11.

- Sánchez, L.V.; Bueno, G.G. y Pérez, B.R. (2002). Evaluación agronómica de especies nativas con potencial forrajero en el departamento del Guaviare. Publicación Corpoica C.I. La Libertad. Programa de Transferencia de Tecnología. Bogotá, Colombia. (1) pp. 958-974.
- Sao, N.V.; Mui, N.T. y Binh, D.V. (2010). Biomass production of *Tithonia diversifolia* (wild sunflower), soil improvement on sloping land and use as high protein foliage for feeding goats. *Livestock Research for Rural Development*. 22: 151.
- Savón, L.; Mora, L.M.; Dihigo, L.E.; Rodríguez, V.; Rodríguez, Y.; Scull, I.; Hernández, Y. y Ruiz, T. (2008). Efecto de la harina de follaje de *Tithonia diversifolia* en la morfometría del tracto gastrointestinal de cerdos en crecimiento-ceba. *Zoo Trop.* 26(3): 387-390
- Solarte, A. (1994). Experiencias de investigación participativa en sistemas de Producción Animal en dos zonas del Valle del Cauca. III Seminario Internacional Desarrollo Sostenible de Sistemas Agrarios. Cali, Colombia. pp. 49 – 72.
- Sonka, D. (1997). *Tithonia* weed a potential green manure crop. *Echo Development*. 57: 5-6.
- Susana I. R. y Tangendjaja B. 1988. Leafproteinconcentrates: *Calopogonium caeruleum* and *Tithonia diversifolia*. Proceedings seminar national Peternakan dan forum Peternak "Unggas dan aneka ternak" kedua. Bogor (Indonesia). pp. 190-202.
- Togun, V.A.; Farinu, G.O.; Ojebiyi, O.O.; Akinlade, J.A. y Laogun, T.A. (2006a). Performance of brown egg-type pullets fed diets containing graded levels of wild sun flower (*Tithonia diversifolia*, Hemsl, A. Gray) forage meal as replacement for maize. *World Jour of Agric Sci.* 2 (4): 443-449.
- Togun, V.A.; Farinu, G. O. y Olabanji, R. O. (2006b). Feeding graded levels of wild sunflower (*Tithonia diversifolia* Hemsl. Gray) meal in replacement of maize

at pre-pubertal age, negatively impacts on growth and morphometric characteristics of the genitalia of anak 2000 Broiler cocks at their pubertal Age. *World Appl Sci Journ.* 1 (2): 115-21.

Verdecia, D.M.; Ramírez, J.L.; Leonard, I.; Álvarez, Y.; Bazán Y.; Bodas, R. y López, S. (2011). Calidad de la *Tithonia diversifolia* en una zona del Valle del Cauto. *Revista Electrónica de Veterinaria.* 12 (5): 1-13.

Villalba, J.J. y Provenza, F.D. (2005). Foraging in chemical diverse environments: energy, protein and alternative foods influence ingestion of plants secondary metabolites by lambs. *Journ of Chemistry Ecology.* 31 (1): 123.

Villaseñor, J. L. y Espinosa, G., (1998). Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.

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

2. CAPÍTULO II. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE *Tithonia diversifolia* SOBRE LA CINÉTICA DE DEGRADACIÓN IN SITU Y FERMENTACIÓN RUMINAL EN BORREGOS ALIMENTADOS CON ENSILADO DE CAÑA DE AZÚCAR.

Resumen

El objetivo de este estudio obtener la digestibilidad *in situ* DISMS, así como la cinética de las variables de fermentación ruminal (pH amoníaco, ácidos grasos volátiles) en corderos al consumir ensilado de caña de azúcar (ECA) mas alfalfa (A) o *Tithonia diversifolia* deshidratada (Td) como fuente de proteína; con y sin pulidura de arroz (PA) como un suplemento energético. Se utilizaron cuatro borregos Black Belly (35 Kg \pm 1.2 Kg peso vivo) dotados con cánulas ruminales, en un diseño de cuadrado latino 4 x 4, con periodos de 21 días. Las dietas de los tratamientos fueron T1) ECA + Td, T2) ECA + Td + PA, T3) ECA + A y T4) ECA + A + PA. El pH ruminal disminuyó con la inclusión de PA en las dietas; sin embargo todos los valores observados estuvieron dentro de los rangos normales (6.2 – 7.0). La DISMS fue mayor ($p < 0.05$) cuando los animales consumieron ECA + Td + PA y ECA+A+PA, en comparación con todas las dietas, sin embargo no hubo diferencias en cuanto a la fuente de forraje. La adición de PA aumento la digestibilidad en la dieta con Td ($p < 0,05$); sin embargo; no causo el mismo efecto, en las dietas con A. Concluyendo que la suplementación Td combinada con PA en las dietas a base de ensilado de caña azúcar mejoran la digestibilidad de la materia seca y orgánica.

Palabras clave: *Tithonia diversifolia*, pulidura de arroz, ensilado caña de azúcar, digestibilidad, cinética ruminal.

INTRODUCCIÓN

La caña de azúcar resulta ser un forraje importante en las regiones tropicales, debido a su alta producción de biomasa y energía por unidad de superficie en un corte anual, el cual coincide con la época de secas su conservación a través de ensilaje podría ser una contribución importante para mejorar los sistemas de producción animal en dichas zonas (Santos da Silva *et. al.*, 2014); sin embargo, se requiere de una suplementación adecuada para mejorar su utilización, ya que una de sus limitantes es la baja cantidad de proteína cruda que presenta. Su conservación a través de ensilaje puede resolver el problema de disponibilidad de forraje.

Por otra parte el follaje de árboles y arbustivas forrajeras mantienen un alto valor nutritivo en la estación seca (Ramirez *et. al.*, 2010); *Tithonia diversifolia* (Td) es una arbustiva originaria de México y se encuentra ampliamente distribuida en las zonas tropicales húmedas y subhúmedas de América Central y del Sur (Jama *et. al.*, 2000), con una producción importante de hojas y un rebrote vigoroso después del corte (Wuambui *et. al.*, 2006), con un contenido de proteína cruda (Kayuki y Wortmann, 2001; Wuambui *et. al.*, 2006) y fósforo.

Valdés y Delgado (1990) mencionaron la importancia de los complementos nitrogenados, energéticos, minerales y vitamínicos, para garantizar una adecuada función ruminal, con lo cual se tendría una mayor disponibilidad de nutrientes esenciales para la multiplicación de las bacterias (especialmente celulolíticas) y una mayor degradación de los alimentos voluminosos con un aumento en el aporte de sustrato al intestino. Así mismo, la tasa de fermentación más la degradabilidad absoluta de los carbohidratos, hacen que el proceso sea o no eficiente, en la síntesis de microorganismos. Se sabe que la eficiencia del rumiante depende de dos aspectos críticos en el proceso de fermentación: la velocidad de la tasa de degradación y la velocidad de paso o tasa de pasaje (Fox *et. al.*, 2000). La combinación de estas dos cinéticas establece la cantidad neta de microorganismos que serán sintetizados en el rumen y luego digeridos en el intestino delgado. Considerando lo anterior, el estudio de la degradación ruminal

de los forrajes y demás ingredientes de la dieta de los rumiantes es muy importante (Arreaza *et. al.*, 2005).

Por lo que el objetivo de este estudio fue conocer la degradación ruminal y la cinética de las variables de fermentación ruminal (pH amoniaco, ácidos grasos volátiles) en ovinos al consumir ensilado de caña de azúcar (ECA) mas alfalfa (A) o *Tithonia diversifolia* deshidratada (Td) como fuente de proteína; con y sin pulidura de arroz (PA) como un suplemento energético

MATERIALES Y MÉTODOS

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), dependiente de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), la cual se encuentra localizada en el kilómetro 3.5 de la carretera de cuota Compostela – Chapalilla y ubicada entre los 21° 17'46" de latitud norte y los 104° 54' de latitud oeste, a 880 metros de altitud, con clima caracterizado como tropical seco, húmedo con una temperatura anual de 22° C y una precipitación pluvial de 1,000 mm³. Los análisis de laboratorio se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal y Forrajes de la Unidad Académica de Agricultura y Laboratorio de Bromatología y Nutrición Animal de la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia; ambas pertenecientes a la Universidad Autónoma de Nayarit y en el departamento de Nutrición Animal Dr. Fernando Pérez-Gil R. del Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, Distrito Federal, México.

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.

El forraje de *Tithonia diversifolia* se obtuvo de un banco de proteína establecido en la UAMVZ de la UAN, mientras que la alfalfa se compró en una forrajera de la zona.

El ensilaje de caña de azúcar, se realizó con la técnica de pastel, con toda la planta completa, y se picó a un tamaño aproximado de 3 a 5 cm. Se le adicionó un inóculo: artesanal en proporción al 3% de la materia fresca, compuesto de melaza (10%), urea (0.5%), pollinaza (5%), yogurt (1%) y agua (83.5%), con 48 horas previas de fermentación según lo descrito por Reyes *et al.*, (2012), además de urea (1.0 %), sulfato de amonio (0.1 %) y fosfato diamónico (0.25%). Una vez terminado el apisonado, se tapó con plástico (polietileno) y una capa de tierra de 10 a 15 cm (González, 2003).

Se formularon las cuatro dietas experimentales empleando como materias primas tironia y alfalfa (fuentes proteicas de forraje), ensilado de caña de azúcar y pulidura de arroz; a las dietas experimentales se les realizó el análisis químico proximal de acuerdo a la metodología recomendada por AOAC (Association of Official Analytical Chemists), (2005): materia seca (MS), proteína cruda (PC), cenizas (C) y extracto etéreo (EE); la determinación de las fracciones de fibra ácido (FDA) y neutro detergente (FDN), se hicieron por el método de Goering y Van Soest, 1970 (empleando digestor ANKOM® 200); al ensilado de la caña de azúcar se le determinó pH por potenciometría. El porcentaje de inclusión y el análisis químico de cada una de ellas se muestran en el cuadro 2.1.

Cuadro 2.1 Porcentaje de inclusión y análisis químico de las dietas experimentales

Ingresiente	Eca+Td ¹	Eca+a ²	Eca+Td+pa ³	Eca+a+pa ⁴
Ensilado caña de azúcar	68.63	63.73	46.08	44.12
Titonia	29.41	-	22.55	-
Alfalfa	-	34.31	-	24.51
Pulidura de arroz	-	-	29.41	29.41
Minerales	0.98	0.98	0.98	0.98
Sal	0.98	0.98	0.98	0.98
Composición química				
Proteína cruda	17.49 ± 0.07 ^A	17.44 ± 0.16 ^A	17.46 ± 0.09 ^A	17.20 ± 0.29 ^A
Cenizas	9.80±0.34	10.3±0.19	9.14±0.10	8.59±0.19
Extracto Etéreo	1.05±0.05	3.47±0.01	1.01±0.24	3.92±0.36
FDN	52.85±0.05	44.75±0.01	50.55±0.24	49.84±0.36
FDA	34.65±0.23	26.19±0.09	32.16±0.77	27.16±0.45
Lignina	19.71±0.15	21.40±0.12	16.54±0.23	18.65±0.19
EB (Mcal/Kg)	3.76±0.03 ^A	3.86±0.02 ^A	3.76±0.02 ^A	3.97±0.03 ^A

^{A,B} Letras en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<0.05)

¹. Eca+Td; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Titonia diversifolia*. ². Eca+a; Ensilado de Caña de azúcar, más alfalfa. ³. Eca+Td+pa; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Titonia diversifolia*, más pulidura de arroz y ⁴. Eca+a+pa; Ensilado de caña de azúcar, más alfalfa, más pulidura de arroz.

Se utilizaron cuatro borregos, machos, raza Black Belly, adultos de 35 Kg de peso promedio y dotados con una cánula ruminal (Bar Diamond®), los cuales fueron desparasitados con ivermectina (200 mcg por Kg de peso vivo) antes de iniciar la prueba (Botana et al., 2002). Los periodos tuvieron una duración de 21 días, de los cuales 14 fueron de adaptación a las dietas y 7 para la cinética de desaparición de materia seca.

La cinética de degradación ruminal, se realizó de acuerdo a las recomendaciones de Mehrez y Ørskov, 1977, utilizando bolsas de tela de nylon con una porosidad promedio de 1200 a 1600 orificios por cm^2 . El tamaño de éstas fue de 12x8 cm, con los bordes de las mismas unidas por una doble costura y las esquinas redondeadas para evitar la acumulación del alimento (Mehrez y Ørskov, 1977), se colocaron 5 gramos de alimento, previamente molido (1mm), en las bolsas. Para después ser atadas a un cordón de polietileno, el cual se introdujo al rumen, en periodos de incubación de 0, 3, 6, 9, 12, 24, 30, 36, 48, 56, 72 horas. Después de ser retiradas las bolsas del rumen, se lavaron manualmente hasta obtener un líquido de enjuague claro y transparente; posteriormente, se secaron a 60 °C durante 48 horas, para obtener el porcentaje de materia seca. Se utilizó un modelo de cinética de primer orden propuesto por Waldo et al., 1972 y se calculó con el programa de new way® (Singh et al., 1992).

Para la cinética de variables ruminales (pH, amoníaco y AGV's), se obtuvieron muestras de contenido ruminal a las 0, 3, 6, 9 y 12 *post prandium*. El pH y el amoníaco se determinaron por potenciometría y los AGV's (acético, propiónico, butírico, valérico e isovalérico) por cromatografía de gases de acuerdo con las técnicas de Bateman (1970), Godeau et al., (1987) y Erwin et al., (1969) respectivamente.

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó un análisis de varianza con un diseño de cuadrado latino 4X4, la diferencia entre medias se midió con la prueba de Tukey ($P < 0.05$) (Gill, 1978).

El modelo para el diseño referido es:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} es igual a las diferentes variables de respuesta

μ es el efecto de la media general.

τ_i es el efecto del i-ésimo tratamiento.

β_j es el efecto del j-ésimo periodo.

γ_k es el efecto de la k-ésima repetición.

E_{ijk} error aleatorio asociado con la unidad en el i-ésimo tratamiento.

Resultados y Discusión

Las cuatro dietas experimentales cumplen con los requerimientos nutricionales para ovinos en engorda (14.7% P.C. y 3.2 Mcal/Kg E.D.) reportados por NRC, 2007. Los resultados obtenidos muestran que las dietas fueron isocalóricas e isoproteicas; así mismo la dieta uno, fue la que presentó mayor cantidad de fracciones de fibra y lignina, respecto a las otras dietas.

Cinética de la desaparición *in situ*

Los resultados obtenidos de la cinética de desaparición *in situ* de las dietas experimentales; se muestran en el Cuadro 2.2. Se puede observar que el potencial de degradabilidad se incrementó al adicionar pulidura de arroz, independientemente del forraje, siendo mayor en la dieta que contenía alfalfa ($P < 0.05$). Así mismo es importante considerar que a menor recambio ruminal o tasa de pasaje (2% por hora), la degradabilidad efectiva en rumen es mejor en todas las dietas. Por otra parte, la que tuvo una mejor degradabilidad y potencial de digestibilidad fue la que contenía ensilado de caña, alfalfa y pulidura de arroz. La dieta Eca+td, fue la que presentó menor ($P > 0.05$), fracción soluble y menor potencial de degradación con relación a los demás tratamientos, lo cual está relacionado con la cantidad de fibra presente.

La O y colaboradores (2009) evaluaron el efecto de la combinación de tironia y *Pennisetum purpureum* vs. Cuba CT-115 en la cinética ruminal, con dietas de 15 y 30%; 85 y 70 % de inclusión respectivamente, fracción soluble (a) 31.97, fracción

insoluble (b) 31.82, 30.02 y tasa de pasaje (c) 0.39, 0.042, respectivamente. Los resultados de la fracción insoluble pero potencialmente digestible (b) fueron similares a los encontrados en este estudio para el caso de los forrajes, no así en alfalfa con pulidura de arroz que fue 20% más alto; sin embargo, las dietas con ensilado de caña en comparación con *Pennisetum* presentaron una mayor fracción soluble, lo cual se puede deber a la cantidad de azúcar y al nitrógeno aportado por la urea, los cuales son solubles y de alta disponibilidad.

Por su parte Premaratne *et al* (1997) al trabajar con paja de arroz suplementada con diferentes follajes de arbóreas y arbustivas, entre las cuales se encontraba titonia, observó que con ésta última se incrementó la degradación in sacco de la paja de arroz.

Naranjo y Cuartas (2011); caracterizaron nutricionalmente y estudiaron la cinética de degradación ruminal de algunos de los recursos forrajeros con potencial para la alimentación de rumiantes en el trópico alto de Colombia, dentro de los cuáles se encontraba titonia, obteniendo fracción soluble (a) 31.97, fracción insoluble (b) 45.58 y tasa de pasaje (c) 0.13, resultados similares a los encontrados en el presente estudio. Por otra parte los valores de degradabilidad efectiva de MS para diferentes constantes de velocidad de recambio ruminal ($k=0,03$ y $0,05\%/h$) a los 30, 50, 70 y 90 d de rebrote de titonia, tuvieron un comportamiento similar siendo de 46.39-60.46, 42.40-56.23, 41.75-53.86 y 41.18-53.31 respectivamente (León *et. al.*, 2008).

Los valores de pH en todas las dietas (cuadro 2.3), disminuyeron a partir de las 3 horas y hasta las 6, lo que hace pensar que en ese momento se presentó el pico de fermentación, manteniéndose hasta las 9 horas. Solamente la dieta ECA+Td presentó un pH mayor a 6.5 en promedio durante las 12 horas estudiadas ($P<0.05$), con respecto a las otras 3 dietas; como se puede ver en la gráfica 2.1.

Cuadro 2.2. Cinética de desaparición *in situ* de la materia seca de las dietas.

	Tasa de pasaje h ⁻¹	Eca+Td ¹	Eca+a ²	Eca+Td+pa ³	Eca+a+pa ⁴
(a) % Fracción soluble		14.86±4.15 ^a	24.90±6.43 ^{ab}	26.40±1.98 ^a	20.20±8.07 ^{ab}
(b) % Fracción insoluble, potencialmente degradable		34.41±3.29 ^a	35.57±6.61 ^b	32.95±4.71 ^b	54.05±4.14 ^a
(c) h ⁻¹ Tasa de degradación		0.093±0.03 ^a	0.032±0.02 ^{ab}	0.026±0.01 ^b	0.05±0.01 ^{ab}
Hora Cero %		12.4±6.44 ^a	13.88±7.27 ^a	16.95±4.80 ^a	10.12±7.28 ^a
Degradabilidad de fracción insoluble en agua %		40.6±9.10 ^a	46.55±9.88 ^{ab}	42.37±7.08 ^b	64.12±8.62 ^a
Potencia de degradabilidad %		50.225±4.46 ^b	60.46±8.08 ^b	59.45±3.83 ^b	74.27±8.03 ^a
Degradabilidad efectiva %	.02	45.57±5.18 ^{ab}	44.37±1.48 ^b	44.75±2.34 ^{ab}	58.82±7.83 ^a
	.05	38.17±3.14 ^b	37.4±0.71 ^b	37.50±1.44 ^b	47.2±7.78 ^b
	.08	34.42±3.07 ^a	34.2±1.09 ^b	34.37±1.03 ^a	41.00±7.81 ^a

Letras en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<0.05)

¹. Eca+Td; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Tiftonia diversifolia*. ². Eca+a; Ensilado de Caña de azúcar, más alfalfa. ³. Eca+Td+pa; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Tiftonia diversifolia*, más pulidura de arroz y ⁴. Eca+a+pa; Ensilado de caña de azúcar, más alfalfa, más pulidura de arroz. ± Desviación estándar

El pH ruminal en promedio se mantuvo en rangos que van de de 6.14 a 6.88 en los diferentes tratamientos, lo cual corresponde a dietas basadas en forraje y con un alto porcentaje de celulosa y hemicelulosa (Krause *et al.*, 2002). Con estos pH se pueden 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.*, 2005); lo que asegura una eficiencia digestión de la fibra (Calsamiglia *et al.*, 2002).

Cuadro 2.3. Cinética de pH ruminal de borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con tironia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.

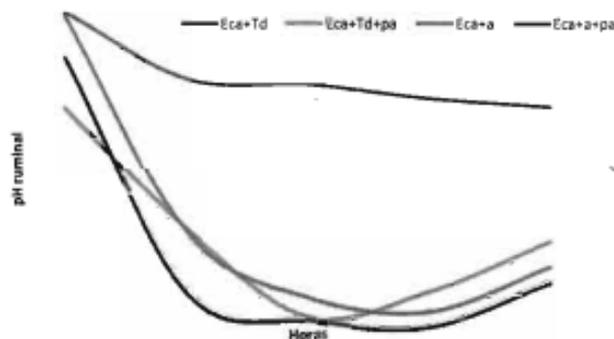
HORA	Eca+Td ¹	Eca+Td+pa ²	Eca+a ³	Eca+a+pa ⁴	P>F	EEM
0	7.11 ^{Aa} ±0.06	6.77 ^{Aa} ±0.33	7.10 ^{Aa} ±0.26	6.95 ^{Aa} ±0.13	0.3429	0.2721
3	6.87 ^{Ba} ±0.22	6.31 ^{Bab} ±0.14	6.30 ^{Bab} ±0.14	6.09 ^{Bca} ±0.84	0.0606	0.3237
6	6.85 ^{Ba} ±0.19	6.00 ^{Bab} ±0.09	6.07 ^{Bab} ±0.26	5.99 ^{Bb} ±0.68	0.0711	0.4188
9	6.80 ^{Ba} ±0.14	6.09 ^{Bb} ±0.20	6.02 ^{Bb} ±0.28	5.97 ^{Bb} ±0.15	0.0036	0.2014
12	6.77 ^{Ba} ±0.23	6.27 ^{ABa} ±0.50	6.18 ^{Ba} ±0.34	6.13 ^{Ba} ±0.10	0.2148	0.4174
P>F	0.0022	0.0012	<0.001	0.0026		
EEM	0.0930	0.2640	0.2003	0.2940		
MEDIA	6.88 ^B ±0.17	6.17 ^C ±0.17	6.14 ^C ±0.23	6.23 ^B ±0.29		

^{a,b,c} Letras en la misma fila son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)

^{A,B,C} Letras en la misma columna son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)

¹ Eca+Td; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Tironia diversifolia*. ² Eca+Td+pa; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Tironia diversifolia*, más pulidura de arroz. ³ Eca+a; Ensilado de Caña de azúcar, más alfalfa y ⁴ Eca+a+pa; Ensilado de caña de azúcar, más alfalfa, más pulidura de arroz. ± Desviación estándar.

Gráfica 2.1. Cinética de pH ruminal de borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con tironia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.



Los resultados obtenidos en amoníaco se presentan en el cuadro 2.4. Se puede apreciar que la producción de $N-NH_3$ se incrementó a las 3 horas y que a partir de la hora 9, la disminución es significativa ($P<0.05$), lo que puede implicar su absorción o remoción, lo anterior también coincide con la mayor fermentación microbiana a nivel ruminal y la digestión de dietas con alto contenido de forraje. Nolan (1993), explica que cuando la dieta es alta en proteína degradable, el exceso de amoníaco es absorbido a través de la pared intestinal, convertido en urea en el hígado y posiblemente excretado en la orina. Por otra parte la poza de amoníaco es relativamente pequeña y tiene un recambio rápido (aproximadamente en 2 horas). La remoción de la concentración de amoníaco ruminal puede ser rápida, cuando se presentan pequeños cambios en la tasa relativa de producción de amoníaco y los animales tienen acceso continuo al alimento. Una porción del nitrógeno removido por esta vía se recicla subsecuentemente al rumen (Atkinson *et al.*, 2014; Nolan, 1993).

Por otra parte se puede observar que se mantuvo una buena concentración en la poza de amoníaco ruminal para lograr una replicación microbiana recomendada por Satter y Slyter (1974), la cual mencionan que es de $5\text{mg}/100\text{ml}$. Los valores limitantes para el crecimiento se encuentran en los $2\text{ mg}/100\text{ ml}$ y un máximo de $80\text{ mg de }NH_3/100\text{ ml}$. Los resultados tanto de pH como amoníaco, coinciden con los encontrados por Premaratne *et al.*, 1997.

Cuadro 2.4 Cinética de producción de amoniaco (mg/100 ml) de borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con tironia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.

HORA	Eca+Td ¹	Eca+a ²	Eca+Td+pa ³	Eca+a+pa ⁴	P>F	EEM
0	5.27 ^{bc} ±0.56	5.74 ^{ab} ±0.67	5.92 ^{abc} ±0.32	5.10 ^{bc} ±0.36	0.0023	0.1778
3	5.93 ^{ab} ±0.27	6.46 ^{ab} ±0.78	6.14 ^{ab} ±0.52	5.80 ^{ab} ±0.48	0.4814	0.5369
6	5.72 ^{ab} ±0.37	6.39 ^{ab} ±0.90	5.82 ^{abc} ±0.44	5.54 ^{ab} ±0.56	0.3895	0.5818
9	5.41 ^{ab} ±0.34	5.08 ^{ab} ±0.99	5.55 ^{bc} ±0.24	5.04 ^{ca} ±0.66	0.4737	0.6458
12	5.20 ^{bc} ±0.45	5.71 ^{ab} ±1.06	5.34 ^{ca} ±0.16	5.00 ^{ca} ±0.56	0.3103	0.5543
P>F	0.0176	0.1834	0.0040	0.0003		
EEM	0.2866	0.470	0.244	0.2016		

^{abc} Letras en la misma fila son estadísticamente diferentes (P<0.05)

^{ABC} Letras en la misma columna son estadísticamente diferentes (P<0.05)

¹. Eca+Td; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Tironia diversifolia*. ². Eca+a; Ensilado de Caña de azúcar, más alfalfa. ³. Eca+Td+pa; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Tironia diversifolia*, más pulidura de arroz y ⁴. Eca+a+pa, Ensilado de caña de azúcar, más alfalfa, más pulidura de arroz ± Desviación estándar.

Los productos finales de la fermentación que tienen un valor nutricional para el animal son los ácidos grasos volátiles (AGV's) y las células microbianas. Los AGV's son absorbidos en el rumen, mientras que las segundas en el intestino delgado, estas últimas proveen de aminoácidos y contienen de 30-50% de proteína verdadera (Nolan, 1993). Con lo que respecta a la cinética de ácidos grasos volátiles, los resultados se reportan de manera individual; acético (cuadro 2.5), propiónico (cuadro 2.6), butírico (cuadro 2.7), isovalérico (cuadro 2.8), valérico (cuadro 2.9). También se analizó la cantidad total de estos ácidos presentes en el líquido ruminal de cada dieta (Cuadro 2.10). La relación de estos por dieta se encuentran en la gráfica 2.2 Con estos resultados se explica lo que ocurre en la cinética de pH (cuadro 2.3); ya que en la dieta Eca+td, el pH se mantiene (6.77 – 6.87), esto debido a que la producción de ácidos grasos volátiles fue menor con respecto a las otras dietas.

Cuando la dieta consiste primordialmente en carbohidratos fácilmente fermentables, la cantidad de ácido propiónico es mayor en relación a los otros AGV's, mientras que en dietas basadas fundamentalmente en forrajes, el ácido acético es el predominante; éste y el ácido butírico son precursores lipogénicos, la importancia del ácido propiónico dentro del metabolismo intermedio del rumiante radica en que es el único ácido graso volátil gluconeogénico (France y Siddons, 1993; Van Soest 1982). En este caso al analizar los datos de la producción de ácido acético (mM/ml) se advierte que éste se produjo en mayor cantidad, seguida por el ácido propiónico. El acetato es el principal producto de la fermentación de los hidratos de carbono estructurales de las plantas, seguido del propionato, butirato (iso y n-butilato) y valerato (France y Dijkstra, 2005). En los rumiantes, la producción de 1 mol de acetato de la fermentación de celulosa es asociada con una producción de 2 mol de ATP y de 20 a 40 g de células microbianas (Huntington y Archibeque, 1999).

Cuadro 2.5. Cinética de ácido acético (mmol/ml) de borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con tironia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.

HORA	ECA + Td	ECA + Td + pa	ECA + aa	ECA + aa + pa	P>F	EEM
0	1.60 ^{ab} ±0.49	1.41 ^{bc} ±0.51	2.48 ^{ab} ±1.84	2.86 ^{abc} ±0.31	0.36	1.22
3	2.06 ^{abc} ±0.93	2.01 ^{abcd} ±0.38	1.95 ^{ab} ±0.53	4.15 ^{abc} ±0.70	0.03	0.87
6	1.31 ^{bc} ±0.54	2.86 ^{ab} ±0.45	2.76 ^{ab} ±0.54	4.64 ^{ab} ±0.53	0.006	0.50
9	1.60 ^{ab} ±0.72	2.76 ^{ab} ±1.25	3.15 ^{ab} ±0.84	2.70 ^{cb} ±0.24	0.11	0.76
12	1.82 ^{ab} ±0.21	2.86 ^{ab} ±1.10	2.77 ^{ab} ±1.18	2.51 ^{cb} ±0.40	0.41	0.89
P>F	0.65	0.008	0.07	0.001		
EEM	0.70	0.49	0.51	0.55		
MEDIA	1.68 ^c	2.38 ^b	2.62 ^b	3.37 ^a	0.008	0.53

Eca+Td; Ensilado de Caña de Azúcar, más Tironia diversifolia. Eca+Td+pa; Ensilado de Caña de azúcar, más Tironia diversifolia, más pulidura de arroz. Eca+aa; Ensilado de Caña de azúcar, más alfalfa y Eca+aa+pa; Ensilado de caña de azúcar, más alfalfa, más pulidura de arroz. P>F; Probabilidad. EEM error estándar de la media.

^(a,b,c,d) Letras distintas en la misma columna denotan diferencias estadísticamente significativas (P<0.05)

^{ab,cb} Letras en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<0.05).

Cuadro 2.6 Cinética de ácido propiónico (mmol/ml), de borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con titionia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.

HORA	ECA + Td	ECA + Td + pa	ECA + aa	ECA + aa + pa	P>F	EEM
0	0.76 ^{ab} ±0.31	0.80 ^{ab} ±0.38	1.13 ^{bc} ±0.89	1.74 ^{cd} ±0.31	0.22	0.64
3	0.77 ^{ab} ±0.70	1.07 ^{bc} ±0.14	0.87 ^{ab} ±0.26	2.21 ^{cd} ±0.70	0.005	0.37
6	0.80 ^{bc} ±0.53	1.61 ^{cd} ±0.31	1.23 ^{bc} ±0.17	2.33 ^{cd} ±0.53	0.005	0.26
9	0.82 ^{bc} ±0.24	1.21 ^{bc} ±0.52	1.43 ^{bc} ±0.25	1.51 ^{bc} ±0.24	0.002	0.15
12	0.84 ^{bc} ±0.40	1.32 ^{cd} ±0.54	1.15 ^{bc} ±0.41	1.42 ^{bc} ±0.40	0.19	0.35
P>F	0.77	0.03	0.27	0.002		
EEM	0.28	0.28	0.33	0.25		
MEDIA	0.76 ^a	1.20 ^b	1.15 ^b	1.84 ^c	0.04	0.23

Eca+Td; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Titionia diversifolia*. Eca+Td+pa; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Titionia diversifolia*, más pulidura de arroz. Eca+aa; Ensilado de Caña de azúcar, más alfalfa y Eca+aa+pa; Ensilado de caña de azúcar, más alfalfa, más pulidura de arroz. P>F; Probabilidad, EEM error estándar de la media.

^(A B C D E) Letras distintas en la misma columna denotan diferencias estadísticamente significativas (P<0.05).

^(a b c d) Letras en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<0.05).

Cuadro 2.7. Cinética de ácido butírico (mmol/ml), de borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con titionia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.

HORA	ECA + Td	ECA + Td + pa	ECA + aa	ECA + aa + pa	P>F	EEM
0	0.01 ^{ab} ±0.01	0.02 ^{bc} ±0.01	0.02 ^{bc} ±0.009	0.02 ^{bc} ±0.01	0.88	0.017
3	0.01 ^{bc} ±0.01	0.04 ^{cd} ±0.008	0.02 ^{bc} ±0.01	0.19 ^{cd} ±0.04	<0.0001	0.006
6	0.01 ^{bc} ±0.0004	0.07 ^{cd} ±0.01	0.008 ^{bc} ±0.004	0.18 ^{cd} ±0.04	<0.0001	0.2
9	0.005 ^{bc} ±0.0003	0.03 ^{cd} ±0.02	0.15 ^{cd} ±0.05	0.12 ^{cd} ±0.01	0.34	0.12
12	0.01 ^{bc} ±0.0005	0.03 ^{cd} ±0.02	0.07 ^{cd} ±0.04	0.16 ^{cd} ±0.04	0.007	0.04
P>F	0.24	0.05	0.45	0.004		
EEM	0.008	0.02	0.12	0.04		
MEDIA	0.009 ^a	0.04 ^b	0.05 ^b	0.14 ^c	0.12	0.25

Eca+Td; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Titionia diversifolia*. Eca+Td+pa; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Titionia diversifolia*, más pulidura de arroz. Eca+aa; Ensilado de Caña de azúcar, más alfalfa y Eca+aa+pa; Ensilado de caña de azúcar, más alfalfa, más pulidura de arroz. P>F; Probabilidad, EEM error estándar de la media.

^(A B C D E) Letras distintas en la misma columna denotan diferencias estadísticamente significativas (P<0.05).

^(a b c d) Letras en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<0.05).

Cuadro 2.8. Cinética del ácido isovalérico (mmol/ml), de borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con tironia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.

HORA	ECA + Td	ECA + Td + pa	ECA + aa	ECA + aa + pa	P>F	EEM
0	0.44 ^{ab} ±0.10	0.13 ^{ba} ±0.04	0.41 ^{ab} ±0.27	0.29 ^{ab} ±0.07	0.14	0.18
3	0.69 ^{ab} ±0.45	0.16 ^{ba} ±0.05	0.36 ^{ba} ±0.07	0.28 ^{ba} ±0.05	0.10	0.25
6	0.20 ^{ba} ±0.09	0.23 ^{ba} ±0.06	0.18 ^{ba} ±0.08	0.18 ^{ba} ±0.04	0.85	0.09
9	0.40 ^{ba} ±0.18	0.49 ^{ba} ±0.22	0.43 ^{ba} ±0.29	0.17 ^{ba} ±0.01	0.22	0.2
12	0.52 ^{ba} ±0.13	0.54 ^{ba} ±0.21	0.32 ^{ba} ±0.19	0.15 ^{ba} ±0.02	0.01	0.12
P>F	0.22	0.005	0.13	0.002		
EEM	0.27	0.10	0.13	0.04		
MEDIA	0.45 ^a	0.31 ^b	0.34 ^a	0.22 ^a	0.12	0.25

Eca+Td: Ensilado de Caña de Azúcar, más Tironia diversifolia. Eca+Td+pa: Ensilado de Caña de Azúcar, más Tironia diversifolia, más pulidura de arroz. Eca+aa: Ensilado de Caña de azúcar, más alfalfa y Eca+aa+pa: Ensilado de caña de azúcar, más alfalfa, más pulidura de arroz. P>F: Probabilidad, EEM error estándar de la media.

^{(a)(b)(c)(d)} Letras distintas en la misma columna denotan diferencias estadísticamente significativas (P<0.05)

^{(a)(b)} Letras en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<0.05).

Cuadro 2.9. Cinética del ácido valérico (mmol/ml), de borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con tironia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.

HORA	ECA + Td	ECA + Td + pa	ECA + aa	ECA + aa + pa	P>F	EEM
0	0.002 ^{cd} ±0.0001	0.01 ^{ab} ±0.006	0.007 ^{bc} ±0.009	0.02 ^{ba} ±0.01	0.36	0.01
3	0.004 ^{cd} ±0.001	0.008 ^{abc} ±0.004	0.009 ^{abc} ±0.01	0.02 ^{ba} ±0.04	0.05	0.008
6	0.009 ^{cd} ±0.0001	0.009 ^{ab} ±0.004	0.01 ^{ab} ±0.004	0.02 ^{ab} ±0.04	0.02	0.008
9	0.006 ^{cd} ±0.0004	0.01 ^{abc} ±0.01	0.02 ^{ab} ±0.05	0.01 ^{abc} ±0.01	0.05	0.006
12	0.007 ^{cd} ±0.0005	0.02 ^{ab} ±0.02	0.02 ^{ab} ±0.04	0.01 ^{cd} ±0.04	<0.0001	0.001
P>F	<0.0001	0.80	0.10	0.20		
EEM	0.006	0.01	0.008	0.006		
MEDIA	0.006 ^c	0.13 ^a	0.10 ^a	0.02 ^b	0.12	0.45

Eca+Td: Ensilado de Caña de Azúcar, más Tironia diversifolia. Eca+Td+pa: Ensilado de Caña de Azúcar, más Tironia diversifolia, más pulidura de arroz. Eca+aa: Ensilado de Caña de azúcar, más alfalfa y Eca+aa+pa: Ensilado de caña de azúcar, más alfalfa, más pulidura de arroz. P>F: Probabilidad, EEM error estándar de la media.

^{(a)(b)(c)(d)} Letras distintas en la misma columna denotan diferencias estadísticamente significativas (P<0.05)

^{(a)(b)(c)} Letras en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<0.05).

Conclusiones

El potencial de degradabilidad de las dietas se incrementa al adicionar pulidura de arroz, independientemente del forraje (titoria o alfalfa).

Las dietas experimentales no afectan la cinética de las variables de fermentación ruminal (pH, amoníaco, ácidos grasos volátiles).

Literatura citada

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

Arreaza, L., Sánchez, D. y Abadía, B. (2005). Degradación de fracciones de carbohidratos en forrajes tropicales determinada por métodos in vitro e in situ. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecu.* 6 (1): 52-57.

Atkinson, R.L., Toone, C.D., y Ludden, P. A. (2007). Effects of supplemental ruminally degradable protein versus increasing amounts of supplemental ruminally undegradable protein on nitrogen retention, apparent digestibility, and nutrient flux across visceral tissues in lambs fed low-quality forage. *Journal of animal science*, 85(12), 3331-3339

Bateman, J. V. (1970). Nutrición animal: manual de métodos analíticos. Herrero Hermanos.

Botana, L. L., Landoni, M. F., y Martín, J. T. (2002). Farmacología y terapéutica veterinaria. Mc Graw Hill. Interamericana. España.

Erwin, E. S., Marco, J.G. y Emery, E.M. (1969). Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44:1768-1772.

Fox, D. G., Tylutki, M. E., Van Amburgh, L. E., Chase, A. N., Pell, T. R., Overton, L. O., Tedeschi, C. N., Rasmussen T.D. y Durbal, V.M. (2000). The Net Carbohydrate and Protein System for evaluating herd nutrition and nutrient excretion. Animal Science Department Mimeo 213. Cornell University, Ithaca, NY.

France, J., y Dijkstra, J. (2005). Volatile fatty acid production. Quantitative Aspects of Ruminant Digestion and Metabolism, 2nd edn. CAB International, Wallingford, UK, 157-175.

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(3), 249-252.

Gill, J. L. (1978). Design and Analysis of Experiments in the Animal and Medical Sciences, Vol II. Iowa State Univ. Press, Ames

Godeau, J.M., Gillet, Y., Teller, E. y De Dryver, G. (1987). Recyclage d'azote endogene par le rumen en période de jeûne chez la vache tarie. *Ann. Med. Vet.* 131:113-122.

Goering, H. K. y Van Soest, P. J. (1970). Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). *Agr Handb.*

González P.M. 2003. Cómo realizar un silo de pastel. Ficha tecnológica sistema productivo. INIFAP. México

Huntington, G. B., y Archibeque, S. L. (1999). Practical aspects of urea and ammonia metabolism in ruminants. In *Proc. Am. Soc. Anim. Sci* (Vol. 939, pp. 1-11).

Jama, B., Palm, C.A., Buresh, R.J., Niang, A., Gachengo, C., Nziguheba, G. y Amadalo, B. (2000) *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya A review. *Agrofor Syst.* 49: 201-22.

Kayuki, K.C. y Wortmann, C.S. (2001). Plant materials for soil fertility management in subhumid tropical areas. *Agron J.* 93: 929-935.

Krause, K. M., Combs, D. K., y 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(8), 1947-1957.

La, O., Valenciana, D., González, H., Orozco, A., Castillo, Y., Ruiz, O. y Arzola, C. (2009). Efecto de la combinación de *Tithonia diversifolia* y

Pennisetum Purpureum vc. Cuba CT-115 en la cinética y producción de gas in vitro. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 43(2), 149-152.

León, O. L., Gutiérrez, D. V., Vázquez, T. E., Barrera, O. R., Castillo, Y. C., García, H. G. y Sotolongo, J. C. (2008). Age effect on the in vitro fermentation capacity and on the in situ dynamic of ruminal degradation of *Tithonia diversifolia*. *Zootecnia Tropical*, 26(3), 243-247.

Mehrez, A. Z. y Ørskov, E. R. (1977). Rates of rumen fermentation in relation to ammonia concentration. *British Journal of Nutrition*. 38(03), 437-443.

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(1), 9-19.

Nolan, J. V., Forbes, J. M., y France, J. (1993). Nitrogen kinetics. Quantitative aspects of ruminant digestion and metabolism. 123-143.

Norma Oficial Mexicana. NOM-024-ZOO-1995: Especificaciones y características zoonosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos. <http://www.senasica.gob.mx/?doc=724> Revisado 11 de Abril del 2015.

Norma Oficial Mexicana. NOM-051-ZOO-1995. Trato humanitario en la movilización de animales. <http://www.senasica.gob.mx/?doc=531> Revisada 11 de Abril del 2015.

Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio <http://www.sagarpa.gob.mx/normateca/Normateca/SENASICA%20NORM%20143.pdf>. Revisada 11 de Abril del 2015.

NRC. National Research Council (US). Committee on Nutrient Requirements of Small Ruminants. (2007). Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, D.C.

Ramírez, R.U., Sanginés, G.R., Escobedo, M.J., Cen, C.F., Rivera, L.J. y Lara R.P. 2010. Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. *Agrofor Syst.* 80(2): 295-302.

Premaratne, S.; Bruchem, J. and Perera HGD (1997). Effects of type and level of forage supplementation on voluntary intake, and digestibility of rice straw in sheep. *AJAS* 10(2): 226-228

Reyes, G. J., Montañez, V. O., Rodríguez, M. R., Ruiz, L. M., Salcedo, P. E., Cevallos, J. H., y Zamora, J. G. (2012). Efecto de la adición de inóculo y aditivo en la digestibilidad in situ de la materia seca del ensilado de caña de azúcar. *Ciencia y Tecnología.* 5(1).

Santos da Silva, W., Carvalho dos Santos, T. M., Cavalcanti Neto, C. C., Espindola Filho, A. M., Mesquita da Silva, S. G., Neves Figueiredo, A., y Araújo de Melo, B. (2014). Características y estabilidad aeróbica de ensilajes de caña de azúcar, tratada con urea, NaOH y maíz. *Pastos y Forrajes*, 37(2), 182-190.

Satter, L. D., y Slyter, L. L. (1974). Effect of ammonia concentration on rumen microbial protein production in vitro. *British journal of nutrition*, 32(02), 199-208.

Singh, B., Makkar, H. P. S. y Negi, S. S. (1992). The kinetics of digestion in ruminants. A review. *Indian J. Dairy Sci*, 46(3): 90.

Valdés, G. y Delgado, A. (1990). Suplementación proteico-energética para la engorda de ganado con pastos y forrajes. En *Producción de carne en el trópico*. EDICA. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba. 318 pp.

Van Soest, P. J. (1982). The measurement of liquid and solid digesta retention in ruminants, equines and rabbits given timothy (*Phleum pratense*) hay. *British Journal of Nutrition*, 48(02), 329-339.

Waldo, D. R., Smith, L. W. y Cox, E. L. (1972). Models of cellulose disappearance from the rumen. *J. Dairy Sci.* 55: 125-129.

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(64).

3. CAPÍTULO III. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN DE *Tithonia diversifolia* SOBRE LA DIGESTIBILIDAD *IN VIVO* Y BALANCE DE NITRÓGENO EN BORREGOS ALIMENTADOS CON ENSILADO DE CAÑA DE AZÚCAR.

Resumen

El objetivo de este estudio fue comparar la digestibilidad *in vivo* (DIVMS), así como el balance de nitrógeno en corderos al consumir ensilado de caña de azúcar (ECA) mas alfalfa (A) o *Tithonia diversifolia* deshidratada (Td) como fuente de proteína, con y sin pulidura de arroz (PA) como un suplemento energético. Se utilizaron cuatro borregos Black Belly de 35 ±1.2 Kg peso vivo, dotados con cánulas ruminales, en un diseño de cuadrado latino 4 x 4, con periodos de 21 días. Las dietas de los tratamientos fueron: T1) ECA + Td, T2) ECA + Td + PA, T3) ECA + A y T4) ECA + A + PA. La DIVMS fue mayor ($p < 0.05$) cuando los animales consumieron PA en comparación con todas las dietas. La adición de PA aumento la digestibilidad en la dieta con Td Y A ($p < 0.05$). Concluyendo que la suplementación con PA en las dietas a base de ensilado de caña azúcar mejoran la digestibilidad de la materia seca y orgánica. Respecto al balance de nitrógeno, este fue positivo; entre el 21 y 45% para las diferentes dietas, presentando diferencias estadísticas ($p > 0.05$), existe mayor retención de nitrógeno en las dietas con pulidura de arroz.

Palabras clave: banco proteína, digestibilidad, balance nitrógeno.

INTRODUCCIÓN

En México, una gran parte de la producción ovina se basa en sistemas de pastoreo principalmente (Lara y Carvajal, 2006). La disponibilidad y calidad de forraje dependen de la temporada y la presencia de lluvia, siendo más escasa y pobre en la época de estiaje. Los pastos tropicales se caracterizan por un contenido de nitrógeno bajo (Carmona, 2007) por lo que resulta insuficiente en cuanto al requerimiento de los microorganismos presentes en el rumen (Van Soest, 1994). Por lo tanto, es necesario encontrar fuentes alternativas de proteína, de bajo costo. Algunos árboles y arbustivos forrajeras mantienen un alto valor nutritivo en el follajes durante la estación seca (Ramírez *et. al.*, 2010); *Tithonia diversifolia* (Td) es una arbustiva originaria de México y se encuentra ampliamente distribuida en las zonas tropicales húmedas y subhúmedas de América Central y del Sur (Jama *et al.*, 2000). Esta arbustiva se puede establecer por propagación vegetativa, produciendo una importante cantidad de hojas y su rebrote es vigoroso después del corte (Wuambui *et al.*, 2006), además de que se adapta a la baja fertilidad de suelos ácidos (Ríos, 1997); presenta una composición química interesante debido a su alto contenido de proteína cruda (Kayuki y Wortmann, 2001; Wuambui *et al.*, 2006) y fósforo. Es sabido que el valor nutricional de un alimento puede expresarse en términos de su composición química y la calidad estará determinada por las digestibilidad, la naturaleza de los productos y el aprovechamiento de la proteína (Naranjo y Cuartas, 2011). El factor más importante que influye en la respuesta de la producción de un animal es la cantidad total de nutrimentos absorbidos (Aschenbach *et al.*, 2011). Por lo tanto, el consumo y la digestibilidad son parámetros claves en cualquier sistema de evaluación de alimentos.

El objetivo de este estudio fue conocer la digestibilidad *in vivo* y el balance de nitrógeno en corderos, al consumir ensilado de caña de azúcar mas alfalfa o *Tithonia diversifolia* deshidratada como fuente de proteína; con y sin pulidura de arroz (PA) como un suplemento energético

MATERIALES Y MÉTODOS

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), dependiente de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), la cual se encuentra localizada en el kilómetro 3.5 de la carretera de cuota Compostela – Chapalilla y ubicada entre los 21° 17' 46'' de latitud norte y los 104° 54' de latitud oeste, a 880 metros de altitud, con clima caracterizado como tropical seco, húmedo con una temperatura anual de 22° C y una precipitación pluvial de 1,000 mm³. Los análisis de laboratorio se realizaron en el Laboratorio de Nutrición Animal y Forrajes de la Unidad Académica de Agricultura y Laboratorio de Bromatología y Nutrición animal Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia; ambas pertenecientes a la Universidad Autónoma de Nayarit.

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; NOM-024-ZOO-1995: Especificaciones y características zoonosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o consumo por éstos).

El forraje de *Tithonia diversifolia* se obtuvo de un banco de proteína establecido en la UAMVZ de la UAN, mientras que la alfalfa se compró en una forrajera de la zona.

Para el ensilaje de caña de azúcar, se utilizó toda la planta completa, la cual se cosechó en el Ejido de Milpillitas, ubicado en el municipio de San Pedro Lagunillas. Para poder ensilar se utilizó una picadora estacionaria calibrada para un tamaño de partícula aproximado de 3 a 5 cm; empleando la técnica denominada de pastel, en la que se compactaron capas de 20 a 40 cm (pasando un tractor por lo menos dos veces a cada una de éstas). A la caña picada se le adicionó: urea (1.0 %),

sulfato de amonio (0.1 %) y fosfato diamónico (0.25 %), además de un inóculo artesanal en proporción al 3% de la materia fresca, compuesto de melaza (10 %), urea (0.5 %), pollinaza (5.0 %), yogurt (1.0 %) y agua (83.5 %), con 48 horas previas de fermentación según lo descrito por Reyes *et al.*, (2012). Una vez compactado el forraje, fue cubierto con plástico (polietileno) y una capa de tierra de 10 a 15 cm (González, 2003).

Se formularon las cuatro dietas experimentales basándose en los requerimientos nutricionales (NRC, 2007); empleando como materias primas titonia y alfalfa (fuentes de forraje proteicas), ensilado de caña de azúcar y pulidura de arroz. El porcentaje de inclusión, así como el análisis químico, de cada una de ellas se muestran en el cuadro 3.1.

La composición de las materias primas (titonia, alfalfa, pulidura de arroz y ensilado de caña de azúcar), y las dietas experimentales determinó con el análisis químico proximal de acuerdo a la metodología recomendada por AOAC (Association of Official Analytical Chemists), (2005): materia seca (MS), proteína cruda (PC), cenizas (C) y extracto etéreo (EE). La determinación de las fracciones de fibra ácido (FDA) y neutro detergente (FDN), se hicieron por el método de Goering y Van Soest, 1970 empleando digestor ANKOM® 200. El pH del ensilado de la caña de azúcar se determinó por potenciometría.

Cuadro 3.1 Ingredientes y composición química de las dietas experimentales.

Ingrediente	Eca+Td ¹	Eca+a ³	Eca+Td+pa ²	Eca+a+pa ⁴
Ensilado caña de azúcar	68.63	63.73	46.08	44.12
Titonia	29.41	-	22.55	-
Alfalfa	-	34.31	-	24.51
Pulidura de arroz	-	-	29.41	29.41
Minerales	0.98	0.98	0.98	0.98
Sal	0.98	0.98	0.98	0.98
Composición				
Química				
Proteína cruda	17.49 ± 0.07 ^A	17.44 ± 0.16 ^A	17.46 ± 0.09 ^A	17.20 ± 0.29 ^A
Cenizas	9.80±0.34	10.3±0.19	9.14±0.10	8.59±0.19
Extracto Etéreo	1.05±0.05	3.47±0.01	1.01±0.24	3.92±0.36
FDN	52.85±0.05	44.75±0.01	50.55±0.24	49.84±0.36
FDA	34.65±0.23	26.19±0.09	32.16±0.77	27.16±0.45
Lignina	19.71±0.15	21.40±0.12	16.54±0.23	18.65±0.19
EB (Mcal/Kg)	3.76±0.03 ^A	3.86±0.02 ^A	3.76±0.02 ^A	3.97±0.03 ^A

^{A,B} Letras en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<0.05)

¹. Eca+Td; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Titonia diversifolia*. ². Eca+Td+pa; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Titonia diversifolia*, más pulidura de arroz. ³. Eca+a; Ensilado de Caña de azúcar, más alfalfa y ⁴. Eca+a+pa; Ensilado de caña de azúcar, más alfalfa, más pulidura de arroz.

Se usaron cuatro borregos, machos, raza Black Belly, adultos de 35 Kg ±1.2 de peso promedio, los cuáles fueron desparasitados antes de iniciar la prueba con ivermectina (200 mcg por Kg de peso vivo) (Botana et al., 2002). Los animales fueron alojados en jaulas metabólicas individuales. Los periodos tuvieron una duración de 21 días, de los cuales 14 fueron de adaptación a las dietas y 7 de recolección de muestras biológicas (heces y orina), y considerando el consumo voluntario de alimento. Durante la semana de muestreo el alimento se ajusto al 90% (Harris, 1970). La digestibilidad aparente *in vivo* de la materia seca, se hizo

por recolección total de heces (Schneider y Flatt, 1975). Así mismo se realizó el balance de nitrógeno, para lo cual se recolectó la orina en un recipiente al cual se le adicionaron 10ml de HCl concentrado para evitar la volatilización del amoníaco. En las heces como en la orina se obtuvo una alícuota del 10%, para obtener una muestra compuesta de los 7 días de muestreo (Boutouba *et. al.*, 1990; Schneider y Flatt, 1975); la cuál se congelo a -20°C hasta el momento de su análisis.

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó un análisis de varianza con un diseño de cuadrado latino 4×4 , la diferencia entre medias se midió con la prueba de Tukey ($P < 0.05$). (Gill, 1978).

El modelo para el diseño referido es:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} es igual a las diferentes variables de respuesta (digestibilidad *in vivo* y balance de nitrógeno)

μ es el efecto de la media general.

τ_i es el efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j es el efecto del j -ésimo periodo.

γ_k es el efecto de la k -ésima repetición.

E_{ijk} error aleatorio asociado con la unidad en el i -ésimo tratamiento.

Resultados y Discusión

En los cuadros 1 y 2 se muestran los resultados obtenidos de la composición química, las fracciones de fibra y energía bruta, en dietas experimentales e ingredientes; respectivamente.

Al comparar el contenido de proteína cruda entre alfalfa y titonia, se observa que a pesar que esta última no pertenece a la familia de las leguminosas (Pérez *et. al.*, 2009), la cantidad en este compuesto es alto, lo cual la coloca como una buena

opción para la alimentación animal. Así mismo, hay que mencionar que titonia contiene mayor cantidad de fibra neutro y ácido detergente comparado con la alfalfa, pero con menor cantidad de lignina. El alto porcentaje de cenizas presentes en titonia, se puede deber a su destacado contenido de calcio, fósforo y magnesio como lo refieren Pérez y colaboradores (2009). Por su parte la pulidura de arroz presenta valores similares a los reportados en la literatura (NRC 2007; Shimada 2015). En cuanto al ensilado de caña de azúcar se puede mencionar que presentó un pH óptimo para su conservación, observando que el inóculo y aditivos adicionados generaron un alimento de mejor calidad que la caña de azúcar fresca (Reyes *et al.*, 2012)

Las cuatro dietas experimentales cumplen con los requerimientos nutricionales para ovinos (14.7% P.C. y 3.2 Mcal/Kg E.D.), reportados por NRC, 2007. Los resultados obtenidos muestran que las dietas fueron isocalóricas e isoproteicas; sin embargo, la dieta I (ECA+Td) presentó mayor cantidad de fracciones de fibra, respecto a las otras dietas.

Digestibilidad *in vivo*

La digestibilidad *in vivo* de la materia seca (DIVMS) de las diferentes dietas se muestra en el cuadro 3.2 Las dietas I y II presentaron menor ($P < 0.05$) digestibilidad que las dietas III y IV, por lo tanto la pulidura de arroz tiene un efecto positivo sobre la digestibilidad debido a su alto contenido de carbohidratos altamente fermentables en el rumen.

Las digestibilidades obtenidas van de 59.8 a 73.8; siendo una digestibilidad media a alta, ya que los forrajes de baja calidad son aquellos que presentaran una digestibilidad menor al 55%, deficientes en proteína verdadera (menor a 80 g de proteína cruda), bajos en azúcares solubles y almidón (< 100 g/Kg) (Leng, 1990).

Ramírez *et al* (2010), al ofrecer 20 y 35% de *T. diversifolia* en una dieta de pasto taiwan (*Pennisetum purpureum* var. 144) y 10% de melaza obtuvieron digestibilidades *in vivo* de la materia de seca de 53.44 y 51.63% respectivamente, valores similares encontraron Premaratne *et al.* 1998 (55.7%) suplementando titonia en dietas a base de paja de arroz, lo que indica que el ensilado de caña

presenta una mayor digestibilidad que el pasto taiwan y la paja de arroz; esto coincide con lo reportado por Reyes *et al.*, 2012, quien realizó la digestibilidad *in situ* del ensilado de caña de azúcar obteniendo 66.67% al incubarlo por 72 horas. En dietas a base de paja de arroz y 15 y 30% de *Tithonia diversifolia*, la digestibilidad *in vivo* fue de 48 y 54.3% respectivamente (Premaratne *et al.* 1997). Los menores valores de digestibilidad observados por Premaratne *et al.* (1997) comparados con los del presente se deben a la mejor digestibilidad de la caña de azúcar (Reyes *et al.*, 2012) y la incorporación de PA que aumento el contenido de energía disponible para los microorganismos.

Por su parte Wambui *et al.* (2006) observaron que la DIVMS en cabras, tendia a aumentar a medida que el nivel de inclusión de tironia aumentaba (10, 20 30 y 40%) en combinación con el rastrojo de maiz tratado con urea y germen de maiz, los valores obtenidos por dichos autores estuvieron entre 60.2 – 66.5, menores a los observados en la presente investigación, lo cual tiene que ver con los ingredientes de las dietas. Por lo tanto la incorporación de tironia en las dietas aumenta la digestibilidad por el aporte de nitrógeno y materia seca de mejor digestibilidad.

El consumo (Cuadro 3.2): fue mayor ($p < 0.05$); en las dietas que incluyen PA. Esto se debe a que existe una relación positiva entre digestibilidad y el consumo (cita). Los rumiantes deben almacenar los alimentos por varias horas para permitir la fermentación microbiana: este almacenaje es una limitante a la capacidad física y potencialmente al consumo, por lo que entre más digestible sea la dieta menor será el tiempo de permanencia en el rumen y mayor será el consumo (Araujo, 2005).

Cuadro 3.2 Consumo y digestibilidad *in vivo* de la materia seca.

	Eca+Td ¹	Eca+a ²	Eca+Td+pa ³	Eca+a+pa ⁴
Consumo (MS)				
(g/día)	481.2±7.27 ^b	512.7±42.7 ^b	621.6±20.9 ^a	703.7±78.5 ^a
Consumo	33.44 ^b	35.63 ^b	43.2 ^a	48.91 ^a
g/KgPV ^{0.75}				
Digestibilidad	63.61±1.35 ^b	59.81±1.67 ^b	73.89±1.70 ^a	69.27±1.51 ^a
<i>in vivo</i>				

^{abc} Letras en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<0.05) ± Desviación estándar.

¹. Eca+Td; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Titonia diversifolia*. ². Eca+Td+pa; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Titonia diversifolia*, más pulidura de arroz. ³. Eca+a; Ensilado de Caña de azúcar, más alfalfa y ⁴. Eca+a+pa; Ensilado de caña de azúcar, más alfalfa, más pulidura de arroz.

En el cuadro 3.3, se pueden observar los resultados obtenidos de la relación que hubo entre el consumo de nitrógeno y el excretado en heces y orina, así como el porcentaje de nitrógeno retenido. Los animales tuvieron un balance positivo de nitrógeno, entre el 21 y 45% para las diferentes dietas, presentando diferencias estadísticas (p<0.05), hubo mayor retención de nitrógeno en las dietas en las que se empleaba pulidura de arroz; debido a que este ingrediente posee un elevado contenido de carbohidratos altamente fermentables; generando mayor disponibilidad de energía, provocando así una mayor retención de nitrógeno (Schroeder y Titgemeyer, 2008). Matumuini *et. al.*, 2013, al ofrecer 700 g de rastrojo de maíz + 1200 g de hojas de titonia; a ovejas enanas de África Occidental, reportaron una retención de nitrógeno de 13.15%; lo cual se encuentra por debajo de los rangos reportados en el presente estudio; debido a que la dieta empleada por los autores utiliza rastrojo de maíz; sin embargo al adicionar 5% de melaza a las hojas de titonia el porcentaje de nitrógeno retenido aumenta a 25.93%, este comportamiento es similar en los resultados obtenidos, al incorporar pulidura de arroz en las dietas.

Ramirez *et. al.*, 2010 encontraron 18.71% de nitrógeno retenido, al incluir el 35% de *Tithonia diversifolia* suplementando al pasto taiwan; lo cual es similar al resultado obtenido en las dietas sin pulidura de arroz. Rezaei y colaboradores en 2014; al sustituir en la alimentación de ovinos, ensilado de maíz por ensilado de amaranto; observaron un 30% de nitrógeno retenido.

El balance de nitrógeno positivo obtenido se debe a que se está cumpliendo con los requerimientos de proteína cruda de los ovinos, ya que Clavero *et. al.*, 2000, mencionaron que al ofrecer una dieta con contenidos de proteína cruda por debajo de los requerimientos, es un factor que afecta el consumo y la disponibilidad de nutrimentos en los animales debido a que limita la tasa de fermentación ruminal; reflejándose en una disminución de aminoácidos de origen microbiano y por lo tanto de proteína sobrepasante para ser absorbida en el intestino delgado.

Cuadro 3.3 Balance de Nitrógeno en borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con titonia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.

	Eca+Td ¹	Eca+a ³	Eca+Td+pa ²	Eca+a+pa ⁴	EEM	P>F
Consumo total de N (g d ⁻¹)	13.16 ^a ± 0.19	14.35 ^b ± 1.19	17.38 ^d ± 0.59	19.64 ^d ± 2.08	1.06	0.004
Nitrógeno fecal (g d ⁻¹)	1.72 ^a ± 0.07	1.77 ^a ± 0.25	1.65 ^a ± 0.01	1.66 ^a ± 0.12	0.16	0.79
% Absorción	86.96 ^b ± 0.51	87.71 ^b ± 0.98	90.48 ^b ± 0.29	91.5 ^a ± 0.46	0.77	0.005
Nitrógeno urinario (g d ⁻¹)	7.98 ^b ± 0.54	9.94 ^b ± 1.11	7.86 ^b ± 0.79	8.11 ^b ± 0.85	0.40	0.003
Retención de nitrógeno (g d ⁻¹)	3.46 ^b ± 0.67	3.12 ^b ± 1.16	7.87 ^a ± 0.85	7.74 ^a ± 1.94	1.24	0.016
% Nitrógeno retenido	26.28 ^b ± 4.86	21.54 ^b ± 7.13	45.24 ^a ± 4.33	38.86 ^a ± 5.17	4.91	0.011

^{a,b,c} Letras en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<0.05) ± Desviación estándar.

¹. Eca+Td; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Tithonia diversifolia*. ². Eca+Td+pa; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Tithonia diversifolia*, más pulidura de arroz. ³. Eca+a; Ensilado de Caña de azúcar, más alfalfa y ⁴. Eca+a+pa; Ensilado de caña de azúcar, más alfalfa, más pulidura de arroz.

Conclusiones

La utilización de pulidura de arroz en dietas a base de forraje ofrece una mayor digestibilidad *in vivo*; beneficiando el consumo, en ovinos, debido a que posee un elevado contenido de carbohidratos altamente fermentables; generando mayor disponibilidad de energía, provocando así una mayor retención de nitrógeno.

Literatura citada

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

Araujo F.O. (2005). Factores que afectan el consumo voluntario en bovinos a pastoreo en condiciones tropicales. IX Seminario de pastos y forrajes. Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía. Maracaibo, Venezuela, 1-12.

Aschenbach, J.R., Penner, G.B., Stumpff, F., y Gäbel, G. (2011). Ruminant Nutrition Symposium: Role of fermentation acid absorption in the regulation of ruminal pH. *Journal of animal science*, 89(4), 1092-1107.

Botana, L. L., Landoni, M. F., y Martín, J. T. (2002). Farmacología y terapéutica veterinaria. Mc Graw Hill. Interamericana. España.

Boutouba, A., Holechek, J.L., Galyean, M.L., Nunez H.G., Wallace, J. D. y Cardenas, M. (1990). Influence of two native shrubs on goat nitrogen status. *Journal of Range Management*, 530-534.

Carmona, A. 2007. Efecto de la utilización de arbóreas y arbustivas forrajeras sobre la dinámica digestiva en bovinos. *Revista Lasallista de investigación*. Caldas, Colombia. 4(1).

Clavero, T. (2000). Los principales resultados obtenidos en plantas perennes leñosas para la alimentación animal en Venezuela. I Curso Internacional "Los Sistemas Silvopastoriles en la Ganadería Tropical" EEPF "Indio Hatuey", Matanzas, Cuba.

Gill, J. L. (1978). Design and Analysis of Experiments in the Animal and Medical Sciences, Vol II. Iowa State Univ. Press, Ames

Goering, H. K. y Van Soest, P. J. (1970). Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). Agr Handb.

González P.M. 2003. Cómo realizar un silo de pastel. Ficha tecnológica sistema productivo. INIFAP, México.

Harris L.E. (1970). Nutrition research techniques for domestic and wild animals. An international record system and procedure for analyzing samples. International Feedstuffs Institute. Utah State University, Logan.

Jama, B., Palm, C.A., Buresh, R.J., Niang, A., Gachengo, C., Nziguheba, G. y Amadalo, B. (2000) *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya A review. *Agrofor Syst* 49:201-22.

Kayuki, K.C. y Wortmann, C.S. (2001). Plant materials for soil fertility management in subhumid tropical areas. *Agron J.* 93:929-935.

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

Leng, R. A. (1990). Factors affecting the utilization of 'poor-quality' forages by ruminants particularly under tropical conditions. *Nutrition research reviews.* 3(01), 277-303.

Matumuini, F. N., Tendonkeng, F., Mboko, A. V., Zougou, G. T., Miéguoué, E., Boukila, B., y Pamo, E. T. (2013). Ingestion et digestibilité in vivo des feuilles de *Tithonia diversifolia* traitées à la mélasse associées aux chaumes de maïs chez la brebis Djallonké (*Ovis aries*). *Livestock Research for Rural Development.* 25, 8.

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(1), 9-19.

Norma Oficial Mexicana. NOM-024-ZOO-1995: Especificaciones y características zoonosanitarias para el transporte de animales, sus productos y subproductos, productos químicos, farmacéuticos, biológicos y alimenticios para

uso en animales o consumo por éstos. <http://www.senasica.gob.mx/?doc=724>
Revisado 11 de Abril del 2015.

Norma Oficial Mexicana. NOM-051-ZOO-1995. Trato humanitario en la movilización de animales. <http://www.senasica.gob.mx/?doc=531> Revisada 11 de Abril del 2015.

Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999. Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio <http://www.sagarpa.gob.mx/normateca/Normateca/SENASICA%20NORM%20143.pdf>. Revisada 11 de Abril del 2015.

NRC. National Research Council (US). Committee on Nutrient Requirements of Small Ruminants. (2007). Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and new world camelids. Washington, D.C.

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

Premaratne, S., Van Bruchem, J., Chen, X.B., Perera, H.G. y Oosting, S.J. (1997). 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-Australasian Journal of Animal Science*. 11(6): 292-296.

Premaratne, S., Van Bruchem, J. y Perera H.G. (1998). Effects of type and level of foliage supplementation on voluntary intake and digestibility of rice straw in sheep. *Asian-Australasian Journal of Animal Science*. 10(2): 223-228.

Ramírez, R.U., Sanginés, G.R., Escobedo, M.J., Cen, C.F., Rivera, L.J. y Lara, R.P. (2010). Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. *Agroforest. syst.* 80(2): 295-302.

Shimada M.A. (2015). *Nutrición animal*, 2ª ed. Editorial Trillas, México D.F., 48.

Reyes, G. J., Montañez, V. O., Rodríguez, M. R., Ruiz, L. M., Salcedo, P. E., Cevallos, J. H., y Zamora, J. G. (2012). Efecto de la adición de inóculo y aditivo en la digestibilidad *in situ* de la materia seca del ensilado de caña de azúcar. *Ciencia y Tecnología*. 5(1).

Rezaei, J., Rouzbehan, Y., Fazaeli, H. y Zahedifar, M. (2014). Effects of substituting amaranth silage for corn silage on intake, growth performance, diet digestibility, microbial protein, nitrogen retention and ruminal fermentation in fattening lambs. *Animal Feed Science and Technology*, 192, 29-38.

Rios 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.

Schneider, B. H., y Flatt, W. P. (1975). *The evaluation of feeds through digestibility experiments*. University of Georgia Press.

Schroeder, G. F. y Titgemeyer, E. C. (2008). Interaction between protein and energy supply on protein utilization in growing cattle: a review. *Livestock science*, 114(1), 1-10.

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

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(64).

4. CAPÍTULO IV. COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE OVINOS, COMPARANDO DOS FUENTES DE FORRAJE PROTEICO (*Tithonia diversifolia* y *Medicago sativa*) ENSILADO DE CAÑA DE AZÚCAR; CON Y SIN PULIDURA DE ARROZ.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar la sustitución de alfalfa (*Medicago sativa*) por titonia (*Tithonia diversifolia*) en la dietas a base de ensilado de caña de azúcar con y sin suplementación de pulidura de arroz, y conocer su comportamiento productivo en ovinos. Los tratamientos fueron cuatro dietas experimentales: Eca+td: Ensilado caña de azúcar (Eca) 68.6%; Titonia deshidratada (td) 29.4%; Eca+a, Eca 63.7%, alfalfa achicalada (a) 34.3%; Eca+td+pa; Eca 46.0%, td 22.6% y pulidura de arroz (pa) 29.4 y Eca+a+pa; ECA 44.1%, aa 24.5% y pa 29.4; las dietas fueron adicionadas con 0.98% de minerales y 0.98% de sal; calculadas en base seca. Se determinó la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y materia orgánica obteniendo; Eca+td 59.8 y 62.3, Eca+a 68.9 y 73.3, Eca+td+pa 63.9 y 67.7, y Eca+a+pa 65.1 y 68.1; respectivamente. También se efectuó una prueba de comportamiento productivo en donde se trabajaron 16 corderos de pelo recién destetados, de 11.41 ± 2.59 Kg de peso; agrupados en 4 grupos. Las variables que se midieron fueron peso final, ganancia diaria de peso, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, observando; Eca+td 14.35 kg, 20.79 g/d y 19.04; Eca+a 13.32 kg, 23.74 g/d, 16.46; Eca+T+pa 18.52 kg, 51.68 g/d, 8.71; Eca+a+pa 19.50 kg, 72.47 g/d, 7.51. No existen diferencias entre el uso de alfalfa y titonia, mejorando las variables productivas al suplementar con pulidura de arroz; sin embargo, al emplear titonia en la dietas se disminuyen costos por concepto de alimentación.

Palabras clave: banco de proteína, alimentación ovina, forrajes tropicales, ensilado caña de azúcar.



INTRODUCCIÓN

La alimentación de los rumiantes en zonas tropicales, es el pastoreo, basado en el uso extensivo de praderas nativas o introducidas. La disponibilidad y calidad del forraje, depende de la precipitación pluvial, originando que la producción se comporte de manera estacional (época de seca y lluvia) (Lara y Carbajal, 2006); así mismo, la dieta generalmente es a partir de monocultivos de gramíneas, que presentan contenidos nutricionales de regular a baja calidad nutricional (Carmona, 2007). Frente a esta situación en los últimos años se han buscado alternativas en la alimentación, planteando el uso de sistemas silvopastoriles (Torquebiau, 1993), dentro de los cuales se consideran los bancos de proteína (Pezo e Ibrahim, 1998; Llanderal, 2008), los cuales contienen más del 15% de proteína cruda (Pezo e Ibrahim, 1998). Tal es el caso de la arbustiva botón de oro o falso girasol (*Tithonia diversifolia*), que de acuerdo con Rosales, (1996) tiene un contenido de proteína cruda entre 14 y 28%, una elevada degradabilidad ruminal de la materia seca y bajo contenido de fenoles y taninos. Por otra parte, un recurso importante en el trópico es la caña de azúcar con una alta producción de biomasa, la cual se puede cosechar durante la temporada de seca, solucionando el déficit de forraje. La caña de azúcar puede ser conservada mediante el proceso de ensilado (Garcés, 2000). Aunado a esto; las actividades agropecuarias y agroindustriales dan origen a una serie muy amplia de esquilmos y subproductos que se pueden emplear de diversas maneras para formular alimentos para los animales (González, 2008). Los principales esquilmos agrícolas derivan en su mayor parte de cereales (Dominguez, et. al., 2005). La pulidura de arroz; es un residuo agroindustrial constituida por pericarpio, tegmen, aleurona, parte del grano de arroz (polvo o fragmentos), cascarilla, germen entero o triturado (Larios, 2005); contiene 16.63% de proteína cruda, 3.79 Mcal/Kg energía digestible (ED) y 3.10 Mcal/Kg de energía metabolizable (EM) para rumiantes de acuerdo con Shimada (2009). Por lo tanto, este subproducto incrementa el contenido de energía a las dietas. El objetivo del estudio fue evaluar la sustitución de alfalfa por tironia en la dieta de corderos a base de ensilado de caña de azúcar con y sin suplementación de pulidura de arroz sobre la digestibilidad y comportamiento productivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se desarrolló en la Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, de la Universidad Autónoma de Nayarit (UAN), localizada en el kilómetro 3.5 de la carretera de cuota Compostela – Chapalilla y ubicada entre los 21° 17' 46" de latitud norte y los 104° 54' de latitud oeste, a 880 metros de altitud, con clima caracterizado como tropical seco, húmedo con una temperatura de 22°C y una precipitación pluvial anual de 1,000 mm.

La cosecha de la planta completa de tironia se hizo a los 60 días de edad, posteriormente se pasó a través de una picadora de martillos para obtener una partícula de 2 a 3 centímetros y se secó al sol durante 72 horas, volteándose cada 24 horas. El ensilaje de la caña de azúcar se realizó con la planta completa, la cual se cosecho en San Pedro Lagunillas (Latitud: 21.2188, Longitud: -104.751; 21° 13' 8" Norte, 104° 45' 4" Oeste). Para poder ensilar se utilizó una picadora estacionaria calibrada para un tamaño de partícula aproximado de 3 a 5 cm; al momento de ensilar se le adicionó un inoculo artesanal en proporción al 3% de la materia fresca compuesto de melaza (10 %), urea (0.5 %), pollinaza (5.0 %), yogurt (1.0 %) y agua (83.5 %), con 48 horas previas de fermentación según lo descrito por (Palma, 2003; Reyes *et al.*, 2012); además de agregar 1% de urea, 0.1% de sulfato de amonio y 0.25 % de fosfato diamónico. El ensilado se hizo empleando la técnica denominada de pastel, en la que se compacto en capas de 20 a 40 cm; pasando un tractor por lo menos dos veces a cada una de las capas. Una vez terminado el compactado, se cubrió con plástico (polietileno) y una capa de tierra de 10 a 15 cm.

A las materias primas (tironia, alfalfa, pulidura de arroz y ensilado de caña de azúcar), y dietas experimentales; se les realizó el análisis químico proximal con base en la metodología recomendada por AOAC (2000): materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE) y cenizas (C). Energía bruta (EB) se determinó con bomba calorimétrica (Agüero, *et al.*, 2004). Las fracciones de fibra: (ácido y neutro detergente) por el método de Goering y Van Soest, (1970). Se determinó digestibilidad *in vitro* de la materia seca y orgánica a las dietas (Tilley y

Terry, 1963).

En la prueba de comportamiento se utilizaron 16 ovinos de pelo recién destetados, de 11.5 ± 2.99 Kg de peso (2 meses de edad), distribuidos al azar. Al inicio de la prueba se realizó un análisis coproparasitológico, observando ooquistes del género *Eimeria*; por lo que se trataron con sulfas y trimetropim a razón de 9 mg/Kg, 24 h por vía intramuscular, por tres días (Botana *et. al.*, 2002). Los animales se alojaron en corrales individuales de 0.95 x 1.1 m de 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 2 semanas, con el objetivo de mantener un sistema seco. Se utilizaron comederos y bebederos individuales; el alimento y el agua se ofrecieron a libertad. Se formularon cuatro dietas experimentales isoprotéicas e isoenergéticas de acuerdo con los requerimientos nutricionales (NRC, 2007); empleando titonia y alfalfa como fuentes forrajeras proteicas, ensilado de caña de azúcar y pulidura de arroz (Cuadro 4.1). La prueba tuvo una duración de 119 días. Las variables consideradas fueron: Peso inicial, peso final, ganancia total de peso (calculado con la diferencia entre peso inicial y peso final), ganancia diaria de peso (ganancia total de peso entre número de días tratamiento), consumo diario de alimento (pesando el ofrecido y el rechazado diariamente) y conversión alimenticia (ganancia total de peso / consumo de alimento).

Cuadro 4.1 Porcentaje de inclusión de los ingredientes en las dietas experimentales (Base seca)

	Eca+Td ¹	Eca+a ²	Eca+Td+pa ³	Eca+a+pa ⁴
Ensilado caña de azúcar	68.63	63.73	46.08	44.12
Titonia	29.41	-	22.55	-
Alfalfa	-	34.31	-	24.51
Pulidura de arroz	-	-	29.41	29.41
Minerales	0.98	0.98	0.98	0.98
Sal	0.98	0.98	0.98	0.98

¹Eca+Td; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Titonia diversifolia*. ²Eca+a; Ensilado de Caña de azúcar, más alfalfa. ³Eca+Td+pa; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Titonia diversifolia*, más pulidura de arroz y ⁴Eca+a+pa; Ensilado de caña de azúcar, más alfalfa, más pulidura de arroz.

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.

Para el análisis estadístico de los resultados se utilizó un diseño de análisis de varianza completamente al azar, de cuatro tratamientos con cuatro animales cada uno, la diferencia entre medias se detectó con la prueba de Duncan ($P < 0.05$) (Daniel, 2004), con ayuda del paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System; 2000).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el cuadro 4.2 se muestra la composición química, de las materias primas. Se puede observar que el contenido de proteína cruda de tironia es superior en 5.5% con relación a la alfalfa; además de ser una planta más fibrosa, ya que presenta mayor contenido de fibra neutro y ácido detergente, pero menor cantidad de lignina, sin embargo, se afectó la digestibilidad *in vitro* al comparar Eca+Td y Eca+a (Cuadro 4). Pérez y colaboradores (2009) mencionaron que *T. diversifolia* presenta un alto contenido de calcio, fósforo y magnesio; en el presente trabajo no se realizaron mediciones de minerales específicos, pero si se detectaron mayores valores en cenizas, con relación a las demás materias primas utilizadas, duplicando prácticamente el contenido de las mismas.

En cuanto al ensilado se puede mencionar que este fue de buena calidad, con características organolépticas agradables (color y olor) y un pH de 3.5, lo que indica que se presentó una óptima fermentación, con lo cual se asegura la conservación de la caña de azúcar.

Cuadro 4.2 Composición química de las materias primas (Base seca).

Compuesto (g/100g)	Titonia	Alfalfa	Ensilado de caña de azúcar	Pulidura de arroz
Materia Seca	87.55±0.05	93.71±0.23	29.44±0.51	89.99±0.01
Proteína cruda	23.54±0.08	18.01±0.28	13.36±0.44	14.37±0.25
Cenizas	16.82±0.28	10.94±0.38	8.72±0.18	7.08±0.23
Extracto Etéreo	1.32±0.32	1.63±0.02	1.09±0.06	4.99±0.14
FDN	56.20±0.16	46.41±0.07	49.71±0.37	13.66±0.40
FDA	37.14±0.09	28.70±0.33	31.30±0.43	6.55±0.27
Lignina	19.10±0.12	22.13±0.21	13.42±0.28	3.21±0.11
EB (Mcal/Kg)	3.65±0.01	3.73±0.03	3.89±0.01	4.2±0.02
pH			3.57±0.1	

FDN; Fibra Detergente Neutro, FDA; Fibra Detergente Ácido, EB; Energía Bruta.
± Desviación estándar.

En el Cuadro 4.3, se muestra el análisis químico de las cuatro dietas experimentales, de acuerdo con los requerimientos nutricionales para los ovinos en crecimiento y engorda (14.7% P.C. y 3.2 Mcal/Kg E.D.) reportados por NRC, 2007, la cantidad de proteína cruda fue más elevada, debido a las características de las materias primas; mientras que la cantidad energía fue suficiente para cubrir las necesidades. Los resultados obtenidos muestran que las dietas que contienen titonia a su vez presentan mayor cantidad de FDN y FDA, respecto a las de alfalfa. Por otra parte las dietas con pulidura de arroz, presentan mayor contenido de extracto etéreo, lo que se refleja en la cantidad de energía de las dietas.

Cuadro 4.3 Análisis químico de las dietas experimentales, fracciones de fibra y energía bruta (Base seca)

Compuesto (g/100g)	Eca+Td ¹	Eca+a ²	Eca+Td+pa ³	Eca+a+pa ⁴
Materia Seca	93.12±0.21	91.33±0.30	92.71±0.13	91.14±0.20
Proteína cruda	17.50 ^a ±0.06	17.44 ^a ±0.15	17.47 ^a ±0.09	17.10 ^a ±0.16
Cenizas	9.80±0.34	9.14±0.10	10.3±0.19	8.59±0.19
Extracto Etéreo	1.05±0.05	1.01±0.024	3.47±0.01	3.92±0.36
FDN	52.85±0.05	50.55±0.24	44.75±0.01	49.84±0.36
FDA	34.65±0.23	32.16±0.77	26.19±0.09	27.16±0.45
Lignina	14.71±0.15	16.54±0.23	11.40±0.12	12.65±0.19
EB (Mcal/Kg)	3.76 ^a ±0.03	3.76 ^a ±0.02	3.86 ^a ±0.02	3.97 ^a ±0.03

^{a,b} Letras en el mismo renglón son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) \pm Desviación estándar.

¹Eca+Td, Ensilado de Caña de Azúcar, más *Tilonia diversifolia*. ²Eca+a; Ensilado de Caña de azúcar, más alfalfa. ³Eca+Td+pa; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Tilonia diversifolia*, más pulidura de arroz y ⁴Eca+a+pa; Ensilado de caña de azúcar, más alfalfa, más pulidura de arroz. FDN; Fibra Detergente Neutro, FDA; Fibra Detergente Ácido, EB; Energía Bruta.

Digestibilidad *in vitro*: En el cuadro 4.4, se presentan los resultados de la digestibilidad *in vitro* de la materia seca y materia orgánica de las dietas experimentales. Se puede observar que la dieta que contiene tilonia y pulidura de arroz presenta una mayor digestibilidad *in vitro* ($p < 0.05$), observando que la inclusión de pulidura de arroz aumentó la digestibilidad de las dietas, debido a su alto contenido de carbohidratos altamente fermentables y su cantidad de grasa. Leng (1990) considera que una digestibilidad menor al 55% se presenta en forrajes de baja calidad, deficientes en proteína verdadera (menor a 80g de proteína cruda), bajos en azúcares solubles y almidón (<100 g/Kg), en general las dietas pueden considerarse con una digestibilidad de la materia seca media, ya que van de 60 a 69%.

Por su parte Wambui *et al.*, 2006⁹, al proporcionar *Tithonia diversifolia* en una dieta a base de rastrojo de maíz, observó una digestibilidad de la materia seca del 61%, dato similar a la dieta uno (ECA+Td). Las digestibilidades observadas en el

presente trabajo coinciden con otro trabajo de Wambui *et al.*, 2006^b entre 60 y 66 % de digestibilidad de materia seca y entre 64 y 68 % de materia orgánica cuando suplementaron una dieta a base de rastrojo de maíz tratado con urea, con inclusión de 10 y 40% de hojas de titonia proporcionada a ovinos.

Cuadro 4.4 Digestibilidad *in vitro* de la materia seca, materia orgánica y digestibilidad *in vivo*.

	Eca+Td ¹	Eca+a ²	Eca+Td+pa ³	Eca+a+pa ⁴
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia seca	59.82 ^c ±0.23	63.91 ^b ±0.15	68.93 ^a ±0.62	65.13 ^b ±0.20
Digestibilidad <i>in vitro</i> de la materia orgánica	62.29 ^c ±0.21	67.74 ^b ±0.21	73.27 ^a ±0.25	68.09 ^b ±0.12

^{abc} Letras en el mismo renglón son estadísticamente diferentes (P<0.05) ± Desviación estándar.

¹Eca+Td; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Titonia diversifolia*. ²Eca+a; Ensilado de Caña de azúcar, más alfalfa. ³Eca+Td+pa; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Titonia diversifolia*, más pulidura de arroz y ⁴Eca+a+pa; Ensilado de caña de azúcar, más alfalfa, más pulidura de arroz.

Prueba de comportamiento. En el cuadro 4.5, se presentan los resultados de la prueba de comportamiento de los ovinos en engorda. Existe diferencia (P<0.05) en todas las variables medidas (peso final, consumo, ganancia total, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia) siendo los tratamientos suplementados con pulidura de arroz los que mostraron un mejor comportamiento productivo. En la Gráfica 4.1 se puede observar que a medida que fue avanzando el tiempo, se manifestó con mayor evidencia el efecto de la incorporación en la dieta de la pulidura de arroz, siendo el incremento lineal en el peso de los animales a partir de los 90 días del periodo experimental; mientras que en las otras dietas el incremento fue menos significativo. Así mismo se puede ver que durante la primera etapa de la engorda los animales alimentados con Td tenían un mejor comportamiento en cuanto a ganancia de peso.

Lo anterior está relacionado con el consumo de alimento, ya que se encontró diferencia significativa ($P > 0.05$), siendo mayor en las dietas suplementadas con pulidura de arroz. De acuerdo con Martín 2005 dentro de los factores que influyen en el consumo voluntario de los rumiantes se encuentran los químicos y físicos. En este sentido, los alimentos ricos en energía están controlados principalmente por los factores químicos, mientras que los que tienen bajos niveles de energía como serían los forrajes, predominan los físicos, esto sin negar que en ambos grupos, estén presentes los diferentes mecanismos. La caña de azúcar se comporta más como un alimento bajo energía; es decir, predominan los patrones de consumo de forraje a pesar de su alto contenido en energía. Sin embargo (Díaz *et al*, 1995) no hallaron diferencias significativas en el consumo de alimento en dietas a base de heno y 40% de pulidura de arroz con las de heno. Pacheco y 20% de pulidura de arroz, mientras que en las dietas que se suplementó glicridia si encontraron diferencias significativas, argumentando que la pulidura de arroz no afectó el consumo del heno, probablemente a la alta tasa de pasaje de la pulidura de arroz.

Ledin y Mui, 2002; quienes trabajaron con cabritos y corderos de 11 kg de peso vivo alimentados con caña de azúcar completa con y sin concentrado; encontraron un aumento en el consumo total de materia seca, sin que se incrementara el de la caña de azúcar en su conjunto; por otra parte mencionaron una disminución del 3.3% del peso vivo de los animales. Este trabajo fue coincidente en lo que se refiere al incremento en el consumo de alimento cuando se adicionó pulidura de arroz; no así en la ganancia de peso en los animales.

Odedire y Oloidi (2014) observaron en cabras, al utilizar dietas a base de *panicum maximum* con 30% de harina de tironia y concentrado comercial, ganancias diarias de peso de 26.12 g; similares a las de las dietas que carecen de suplementación con pulidura de arroz. Por otra parte, González *et al.*, 2001; evaluaron la ganancia diaria de peso en ovinos, utilizando dietas a base de pasto Taiwán con 2 diferentes fuentes de proteína (pasta de coco y Gandúl (*Cajanus cajan*)); obteniendo ganancias de 30 a 40 g/d con gandúl y de hasta 90 g/día con pasta de coco; este incremento en la ganancia diaria de peso fue similar

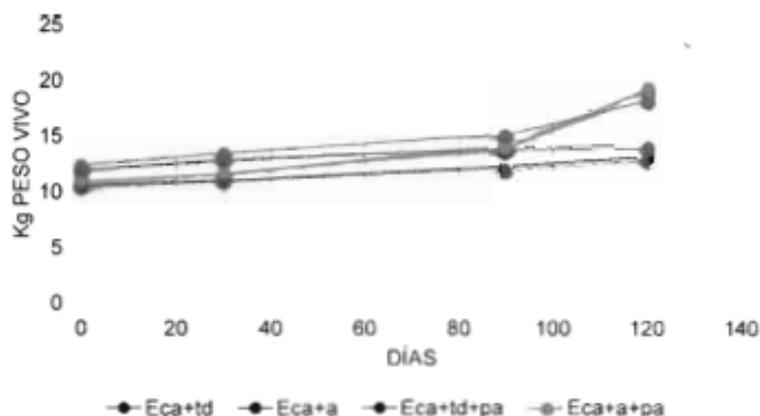
a los resultados obtenidos en este estudio al incorporar pulidura de arroz en las dietas. Pathoummalangsy y Preston (2008); concluyeron que la "expresión del potencial de follaje fresco de tironia (alto consumo de alimentación y alto contenido de proteína cruda) requiere de complementos para mejorar el crecimiento microbiano en el rumen por lo que se requiere la adición de carbohidratos fermentables y de esta manera aumentar la oferta de proteína de sobrepeso.

Cuadro 4.5. Prueba comportamiento en borregos alimentados con ensilado de caña de azúcar, con tironia o alfalfa, con o sin pulidura de arroz.

	Eca+Td ¹	Eca+a ³	Eca+Td+pa ²	Eca+a+pa ⁴	EEM	P>F
Peso Inicial (Kg)	11.87 ^a ±3.8	10.5 ^a ±2.38	12.37 ^a ±2.28	10.87 ^a ±2.28	2.76	0.75
Peso Final (Kg)	14.35 ^{ab} ±4.71	13.32 ^b ±2.73	18.52 ^{cd} ±3.34	19.50 ^d ±2.17	3.37	0.06
Consumo MS (g/día)	341.45 ^b ±37.53	336.45 ^b ±26.53	443.71 ^b ±48.25	512.08 ^b ±63.38	45.98	0.0004
Ganancia diaria de peso (g/día)	20.79 ^b ±9.71	23.74 ^b ±11.21	51.68 ^a ±10.04	72.47 ^a ±24.24	15.07	0.001
Ganancia total de peso	2.47 ^b ±1.15	2.82 ^b ±1.33	6.15 ^a ±1.19	8.62 ^a ±2.88	1.79	0.001
Conversión alimenticia	19.04 ^a ±7.55	16.46 ^{ab} ±6.81	8.71 ^{bc} ±0.92	7.51 ^c ±1.87	5.19	0.02

^{a,b,c,d} Letras en el mismo renglón son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$) ± Desviación estándar.

¹. Eca+Td; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Tironia diversifolia*. ². Eca+a; Ensilado de Caña de azúcar, más alfalfa. ³Eca+Td+pa; Ensilado de Caña de Azúcar, más *Tironia diversifolia*, más pulidura de arroz y ⁴. Eca+a+pa; Ensilado de caña de azúcar, más alfalfa, más pulidura de arroz.



Gráfica 4.1 Ganancia de peso de ovinos alimentados con ensilado de caña de azúcar y dos fuentes de forrajes con o sin pulidura de arroz, durante el periodo experimental.

Los resultados obtenidos muestran que no existen diferencias ($P>0.05$), en el comportamiento productivo entre las fuentes de forraje (tironia y alfalfa); sin embargo al analizar el costo por kg de alimento, se encontró una diferencia de \$0.85/Kg., lo cual podría ser mayor si el forraje se ofrece a los animales de forma fresca. Los costos por Kg. de cada una de las dietas fue de: Eca+td \$4.39, Eca+a \$5.21, Eca+td+pa \$4.52 y Eca+a+pa \$5.14.

Conclusiones

Es factible la sustitución de alfalfa por tironia, sin afectar el comportamiento productivo de los animales, disminuyendo los costos de producción por concepto de alimentación. Así mismo la adición del 30% de pulidura de arroz mejora de

manera significativa el comportamiento productivo, sin incrementar el costo por Kg. de la dieta.

Literatura citada

Agüero, A.C., Pisa, J.R., Agüero, C.J, y Bugeau, A.T. 2004. Poder calorífico del bagazo de caña de azúcar. *Revista de Ciencias Exactas e Ingeniería*, 13(24), 33-37.

Allen, M.S. 2000. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 83(7), 1598-1624

AOAC. 2005. *Official methods of analysis*, 19th ed. Association of official analytical chemists, Arlington, VA.

Botana, L. M., Landoni, M. F., y Jiménez, T. 2002. *Farmacología y terapéutica veterinaria*. McGraw-Hill Interamericana de España.

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.

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

Díaz, Y., Escobar, A., y Viera, J. (1995). Efecto de la sustitución parcial del suplemento convencional por follaje de pachecoa (*Pachecoa venezuelensis*) o gliricidia (*Gliricidia sepium*) en la alimentación de corderos postdestete. *Livestock Research for Rural Development*, 7(1).

Domínguez, M. V., Contreras, D. Z., y Márquez, C. R. 2005. Evaluación de las unidades de producción caprina del programa estratégico para la seguridad alimentaria en el Estado de Guerrero. *Colegio de Posgraduados*. Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Garcés, M. 2000. Ensilaje como fuente de alimentación para el ganado. *Revista Lasallista de investigación*. Caldas, Colombia. Vol. 1 no. 1, 66-71.

Goering, H.K. y Van Soest, P.J. 1970: *Forage Fiber Analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications)*. United States Department of

Agriculture. Agriculture handbook no. 379. Agricultural Research Service, Washington, D.C. USA

González G.R., Torres H.G., y Arece G.J. (2011). Ganancia de peso de ovinos alimentados con pasto Taiwán (*Pennisetum purpureum*) suplementados con diversas fuentes de proteína. Avances de investigación agropecuaria, 15, 3-20.

González, S. (2008). Aprovechamiento de esquilmos y subproductos en la alimentación del ganado. SAGARPA. Dirección General de Apoyo para el Desarrollo Rural. México.

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

Larios, A. 2005. Obtención de una harina de pulido de arroz desengrasado con bajo contenido de fibra neutro delergente. Revista de Ciencia y Tecnología de América. Interciencia, Vol.30 no. 001. 29-32.

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

Ledin, I., y Mui, N. T. (2002). Feed intake and behaviour of kids and lambs fed sugar cane as the sole roughage with or without concentrate. Animal feed science and technology, 100(1), 79-91.

Leng, R. A. (1990). Factors affecting the utilization of 'poor-quality'forages by ruminants particularly under tropical conditions. Nutrition research reviews, 3(01), 277-303.

Martin, P. C. (2005). El uso de la caña de azúcar para la producción de carne y leche. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 39, 427-438.

NRC 2007. Nutrient Requeriments of small ruminants.

Odedire, J. A., y 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(6), 280-284.

Ortega, R.C. y Ochoa, B.R. 2004. La caña de azúcar: El dulce que cautivó al mundo. *Rev. Claridades Agropecuarias* 127: 3-17

Palma J.M. 2003. Ensilaje de caña "Alimento sano, económico y nutritivo para el ganado". Tríptico informativo. Colima, México.

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

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

Ramírez, R.U., Sanginés, G. J., Escobedo, J.G., Cen, C. F., Rivera, L. J. y Lara, P.E. 2010. Effect of diet inclusion of *Tithonia diversifolia* on feed intake, digestibility and nitrogen balance in tropical sheep. *Agroforestry systems*, 80(2), 295-302.

Reyes, G.A., Montañez, V.O., Rodríguez, M.R., Ruiz, L.M., Salcedo, P.E., Avellaneda, C.J., Medina, Q.H. y Quintana, Z.J. 2012. Efecto de la adición de inóculo y aditivo en la digestibilidad *in situ* de la materia seca del ensilado de caña de azúcar. *Ciencia y Tecnología*. 5(1): 13-16.

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

SAS. 2000. SAS/STAT® User's Guide (Release 9) SAS Inst. Inc.

Shimada, M.A. 2009. *Nutrición animal*, 2ª ed. Editorial Trillas, México D.F; 48.

Tilley, J. M. y Terry, R. A. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. British Grass. Soc. 28 pp. 104-111.

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

⁹Wambui, 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(64)

⁹Wambui, C. C., Abdulrazak, S. A., & Noordin, Q. (2006). Performance of growing goats fed urea sprayed maize stover and supplemented with graded levels of *Tithonia diversifolia*. Asian Australasian Journal Of Animal Sciences, 19(7), 992.