



Consumo de follaje de *Erythrina americana* Miller en ovejas Blackbelly x Pelibuey



Diana Fabiola Hernández-Espinoza ^a

Jesús Alberto Ramos-Juárez ^a

Roberto González-Garduño ^b

Luz del Carmen Lagunes-Espinoza ^a

María Aurelia López-Herrera ^c

Jorge Oliva-Hernández ^{d*}

^a Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco. Tabasco, México.

^b Universidad Autónoma Chapingo, Unidad Regional Universitaria Sursureste. Tabasco, México.

^c Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Mocochoá. Yucatán, México.

^d Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Huimanguillo. Km 1 Carretera Huimanguillo-Cárdenas, 86400. Tabasco, México.

*Autor de correspondencia: olivajh20@yahoo.com.mx

Resumen:

El objetivo fue determinar la influencia de la categoría de peso vivo (CPV) de ovejas Blackbelly x Pelibuey sobre el consumo voluntario y digestibilidad del follaje de *Erythrina americana*, comportamiento productivo, cambios en variables hemáticas y en el número de huevos de nematodos gastrointestinales por gramo de heces (HPG). El diseño utilizado fue

completamente al azar. Los factores fueron CPV (ligeras: 22.2 kg y pesadas: 34.4 kg) y periodo de evaluación (PE). Se evaluó peso vivo (PV), ganancia diaria de peso (GDP), índice de consumo de materia seca, consumo diario de materia seca (g kg^{-1} PV), proteína cruda (PC; g kg^{-1} PV), carbohidratos estructurales (CE, %), energía metabolizable (Mcal kg^{-1} PV), taninos condensados (TC; g kg^{-1} PV) y HPG. La CPV y PE afectaron ($P < 0.01$) el consumo de todos los nutrientes estudiados. La CPV ligeras tuvo mayor consumo de nutrientes y TC con relación al de pesadas ($P < 0.01$), sin incremento en su GDP. Las variables hemáticas y HPG no fueron afectados ($P > 0.05$) por los factores estudiados y su interacción. El contenido de PC, CE y TC de *E. americana*, sugiere que su follaje puede utilizarse como alimento único durante periodos cortos (menor a 28 días). En ambas categorías de ovejas, el consumo de *E. americana* permitió un cambio positivo en GDP y no se afectó su estado de salud.

Palabras clave: Árboles agroforestales, Consumo, Moté, Ovino de pelo, Trópico húmedo.

Recibido: 18/01/2019

Aceptado: 28/05/2019

Introducción

El follaje de leguminosas arbóreas contiene una mayor concentración de proteína cruda (PC) con respecto a las gramíneas tropicales de tipo rastrero y amacollado⁽¹⁾, por lo que se ha sugerido su incorporación como fuente complementaria de PC para ovinos en pastoreo⁽²⁾. Sin embargo, el uso del follaje de estas leguminosas como alimento para pequeños rumiantes, no es frecuente, debido a múltiples causas, entre las que destacan, el desconocimiento de la presencia y concentración de compuestos secundarios y del nivel en que se pueden incorporar en la dieta sin afectar la eficiencia productiva y estado de salud de los animales⁽³⁾.

Entre las leguminosas arbóreas, el género *Erythrina* es importante debido a que se encuentra presente en la región tropical y subtropical, situación que facilita la adquisición de material vegetativo para su establecimiento y propagación^(4,5). Particularmente, *E. americana* se utiliza como cerco vivo en las unidades de producción ganadera de la región tropical, facilitando con ello su uso como proveedor de follaje para alimentar pequeños rumiantes^(6,7). En la ganadería bovina localizada en la región tropical, el follaje de *Erythrina* se utiliza como complemento alimenticio, principalmente en vacas en lactación y becerros, durante la época de sequía. El follaje proviene de árboles dispersos en los potreros, cerco vivo y en menor proporción de bancos de proteína. La forma de suministrarlo a los animales incluye el corte de ramas para que los animales lo consuman libremente y corte de follaje para ofrecerlo en pesebre⁽⁸⁾.

Si bien hay estudios en los que se ha incluido la *Erythrina* en la alimentación de ovinos, la información no es concluyente, ya que algunos estudios indican que este tipo de follaje es consumido con facilidad cuando éste se incluye como parte de la dieta hasta en un 30 %^(9,10), en otros estudios se indica una ganancia diaria de peso (GDP) negativa (-20 g animal⁻¹) cuando se incluye 50 % de *Erythrina* en la dieta y una GDP positiva (74 g animal⁻¹) cuando el follaje de *Erythrina* es el único alimento que se ofrece a los ovinos^(11,12). Sin embargo, existe limitada información sobre el comportamiento productivo y estado de salud que tienen los ovinos cuando estos son alimentados con follaje de *E. americana* como única fuente de alimento⁽¹¹⁾, la cual pudiera ser una opción en periodos cortos de contingencia ambiental.

Estudios previos en *E. goldmanii* indican que su follaje contiene taninos condensados (TC)⁽⁹⁾. Sin embargo, se desconoce la concentración de TC en follaje proveniente de árboles de *E. americana* que no han sido podados (los cuales son abundantes en los cercos vivos), así como el nivel de consumo de TC que pueden tolerar los ovinos cuando este tipo de follaje es su única fuente de alimento⁽¹³⁾. La importancia de conocer el nivel de consumo de TC se debe a que este tipo de metabolito secundario de las plantas, tiene capacidad de unirse y precipitar proteínas solubles y carbohidratos que pueden afectar la degradabilidad de la materia seca (MS) cuando excede los 50 g kg⁻¹ de MS⁽¹⁴⁾. Por otro lado, el consumo de follaje con TC puede contribuir a controlar a los nematodos gastrointestinales⁽¹⁵⁾. Con base en estos antecedentes, el objetivo de este estudio fue determinar la influencia de la categoría de peso vivo (CPV) de las ovejas Blackbelly x Pelibuey sobre el consumo voluntario y digestibilidad del follaje de *E. americana*, comportamiento productivo, cambios en variables hemáticas y en el número de huevos de nematodos gastrointestinales en heces.

Material y métodos

Lugar de estudio y alojamiento

El estudio se realizó en la unidad experimental ovina del Instituto Nacional de Investigaciones, Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicada en Huimanguillo, Tabasco, México (17° 50'N, 93° 23' O). El clima es cálido húmedo con lluvias todo el año Af (m) y temperatura ambiente media anual de 27.8 °C⁽¹⁶⁾.

Durante el estudio se midió diariamente la temperatura ambiente al abrigo mínima y máxima (ocurrida en 24 h) con un termómetro tipo Six. La lectura se efectuó a las 0800 h. Con los datos se calcularon los promedios generales y los promedios en periodos de siete días. Los promedios generales en la temperatura mínima y máxima fueron 23.0 ± 1.1 y 35.5 ± 2.1 °C. Se utilizaron corrales individuales para proporcionar el follaje. Cada corral tenía una superficie útil de 2.4 m² y provisto con piso de concreto, bebedero, comedero de canoa y techo de lámina de asbesto.

Manejo de los animales

Se utilizaron nueve ovejas Blackbelly x Pelibuey sin gestar y sin lactar y se distribuyeron en dos categorías de ovejas de acuerdo a su peso vivo (PV) y edad, ligeras y pesadas. En la categoría de PV (CPV) ligeras se incluyeron cuatro ovejas con 22.2 ± 1.2 kg de PV y dos años de edad. La CPV pesadas se formó con cinco animales con 34.4 ± 1.1 kg de PV y tres años de edad.

Previo al inicio del estudio, se aplicó a cada oveja 1 ml de vitaminas ADE (Vigantol Bayer®) por vía intramuscular (500,000 UI vitamina A, 75,000 UI vitamina D, 50 mg vitamina E por ml). El manejo de las ovejas se realizó de acuerdo al Reglamento para el uso y cuidado de animales destinados a la investigación en el Colegio de Postgraduados (CP-02.11.16).

La duración del estudio fue de 42 días, 14 días de adaptación a la dieta y 28 días de fase experimental. Al inicio todas las ovejas salían a pastorear en praderas con *Cynodon plectostachyus* a las 0800 h y se encerraban a las 1300 h en un corral cada grupo, en donde permanecían el resto del día con *E. americana* ($300 \text{ g oveja}^{-1} \text{ día}^{-1}$), agua y sales minerales a voluntad. Gradualmente se fue reduciendo el periodo de pastoreo (una hora cada dos días) hasta llegar a una estabulación total con follaje de *E. americana*, el cual se fue incrementando $100 \text{ g oveja}^{-1} \text{ día}^{-1}$ hasta lograr que fuera su única fuente de alimento. Durante la fase experimental, los animales se alojaron en corraletas individuales, donde se les proporcionaba agua y follaje de *E. americana* a voluntad de 0800 a 1800 h, procurando mantener al menos un 10 % de follaje rechazado. Posteriormente todas las ovejas de la categoría ligeras se alojaron en un solo corral y las de la categoría pesadas en otro corral en donde permanecieron toda la noche para su seguridad, con agua y sales minerales (Magnophoscal®, fósforo 17.5 g; calcio 6.5 g; sodio 10.5 g; magnesio 4.5 g; azufre 2.0 g) a voluntad.

Colecta y características químicas del follaje de *E. americana*

La colecta de follaje se realizó durante la parte final de la época de nortes y al inicio de la sequía (febrero-marzo 2017) y se obtuvo de árboles sin antecedentes de poda que forman parte de los cercos vivos que delimitan las praderas utilizadas para el pastoreo de ovinos. La poda de los árboles se realizó con pinzas de podar y machete. Una vez cortadas las ramas se procedió a separar el follaje de las mismas. El follaje incluyó hojas y peciolo. El follaje recolectado se extendió en piso de concreto bajo techo para su secado a temperatura ambiente (28.2 ± 1.3 °C) en capas no mayores a 3 cm de altura, durante 72 h. Para un mejor secado, el follaje se movió diariamente (dos veces al día).

Variables evaluadas

Composición química y metabolitos secundarios en el follaje de *E. americana*. Cada semana se recolectó una muestra de follaje de *E. americana* y se le determinó por duplicado: el contenido de materia seca (MS), cenizas, materia orgánica (MO) y proteína cruda (PC) según la AOAC⁽¹⁷⁾; fracciones de fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA) con las técnicas de Van Soest⁽¹⁸⁾; degradación *in situ* de la MS (DIMS)⁽¹⁹⁾, energía metabolizable (EM, Mcal kg⁻¹MS)⁽²⁰⁾, polifenoles totales (g kg⁻¹ MS), fenoles no taninos (g kg⁻¹ MS)⁽²¹⁾, taninos condensados (TC; g kg⁻¹ MS), hidrolizables (g kg⁻¹ MS) y totales (g kg⁻¹ MS)^(22,23,24).

Para determinar la DIMS del follaje, se utilizó la técnica de la bolsa de nylon⁽¹⁹⁾. Se utilizaron tres bovinos cruzados (*Bos indicus* x *Bos taurus*), castrados y provistos con cánula en el rumen, con un PV promedio de 500 ± 20 kg, pastoreando en un potrero donde predominaba el pasto camalote (*Paspalum fasciculatum*) con 22.04, 6.73, 78.55 y 53.8 % de MS, PC, FDN y FDA, respectivamente, y suplementados con 2 kg de un alimento elaborado con 70 % de pollinaza, 20 % de pulido de arroz y 10 % de melaza (83.87, 20.80, 28.43 y 7.42 % de MS, PC, FDN y FDA, respectivamente). Se incubó en el rumen de cada animal, 5 g de follaje de *E. americana*, seca y molida (molino Thomas-Willey, model 4 Laboratory Mill) con criba de 2 mm, en bolsas de poliseda (10 x 20 cm, porosidad 45µm), por duplicado durante 24 h. Posteriormente, las bolsas se extrajeron y se lavaron con agua corriente, para después secarlas en estufa de aire forzado a 105 °C durante 72 h. La degradación se calculó con la fórmula: (g MS inicial – g MS residual) / (g MS inicial) X 100.

Cambios de peso vivo. Las ovejas se pesaron dos días consecutivos a intervalos de 14 días durante cuatro periodos. Se utilizó una báscula de plataforma (Oken ®), con una precisión de 200 g. La GDP se calculó por la diferencia del peso final menos el peso inicial dividido entre el número de días.

Consumo de follaje. En cada semana, se pesó durante tres días consecutivos la cantidad ofrecida y rechazada de follaje en las corraletas individuales. El consumo se obtuvo por diferencia.

El índice de consumo del follaje (%). Se calculó a intervalos de siete días durante cuatro periodos multiplicando el consumo total de MS por 100 y dividido entre el PV del animal.

Consumo de sal mineral. En cada semana, se pesó durante tres días consecutivos la cantidad ofrecida y rechazada de sales minerales en cada grupo. El consumo se obtuvo por diferencia.

Consumo de proteína cruda (PC), energía metabolizable (EM) y taninos condensados (TC). El consumo de PC, EM y TC, se determinó multiplicando el consumo total de MS por el contenido del nutriente dividido entre 100.

Condición corporal (CC). La CC se determinó a intervalos de 14 días en cuatro periodos y se evaluó utilizando la escala de uno a cinco⁽²⁵⁾.

Monitoreo FAMACHA®. Se comparó el color de la mucosa ocular con el de una escala de colores de cinco puntos (carta FAMACHA®)⁽²⁶⁾, en la cual el valor mínimo (1) se corresponde con la mucosa ocular rojo intenso y el máximo (5) con un color pálido. Este procedimiento se realizó por una sola persona al iniciar y finalizar el estudio.

Componentes hematológicos. Se tomaron muestras de sangre en tubos vacutainer de 4 ml que contenían EDTA mediante la técnica de venopunción de la vena yugular. La colecta de sangre se realizó a las 0800 h en los días 1 (inicio) 14 y 28 del estudio. Las muestras sanguíneas se trasladaron al laboratorio para su análisis en un equipo automatizado de hematología (Medonic CA 620/530). Los componentes analizados fueron: glóbulos rojos ($\times 10^{12}$ L), hemoglobina (g dl^{-1}), hematocrito (%), volumen corpuscular medio de los glóbulos rojos ($\times 10^{15}$ L), glóbulos blancos ($\times 10^9$ L), linfocitos ($\times 10^9$ L) y granulocitos ($\times 10^9$ L).

Huevos de nematodos gastrointestinales. Se tomaron muestras fecales de cada oveja por la mañana (0700 horas) a intervalos de 14 días durante todo el periodo experimental. Cada muestra se obtuvo directamente del recto de cada animal con ayuda de una bolsa plástica y se procesó con la técnica de Mc Master para determinar el número de huevos por gramo de heces (HPG) usando 2 g de heces⁽²⁷⁾.

Diseño experimental y análisis estadístico

Durante la fase experimental (28 días) se realizaron mediciones repetidas en los mismos animales a intervalos de 7 y 14 días, por lo que se consideró como variable independiente el periodo de evaluación. Se utilizó un diseño experimental de dos factores con medidas repetidas en un factor⁽²⁸⁾. El primer factor fue la CPV de las ovejas (ligeras y pesadas). El segundo factor fue el periodo de evaluación (PE: dos periodos de 14 días para evaluar cambios de PV y cuatro de siete días para evaluar cambios en el consumo de nutrientes). La unidad experimental fue la oveja.

Los análisis se efectuaron con apoyo del paquete estadístico SAS⁽²⁹⁾. Se utilizaron estadísticos descriptivos (media \pm desviación estándar) para describir los valores de composición química, DIMS, EM, fenoles y sus fracciones en el follaje de *E. americana*, así como el consumo diario de sal mineral. Al resto de los datos se les aplicó la prueba de Shapiro-Wilk's para comprobar una distribución normal y la prueba de Levene para probar la homogeneidad de las varianzas. La variable HPG se transformó aplicándole el logaritmo natural ($\text{Log HPG} + 1$) para que los datos tuvieran una distribución normal. La unidad experimental fue la oveja. Los análisis estadísticos para el PV y GDP total se realizaron con el PROC GLM. Para establecer la influencia del número de periodo, tratamiento y la

interacción entre las variables anteriores sobre la GDP, ICMS y los consumos de MS, PC, EM, TC, HPG y variables hemáticas se utilizó el PROC MIXED⁽³⁰⁾. Las medias se compararon con la prueba de “t” con las medias de cuadrados mínimos usando la opción pdiff de SAS. Las variables condición corporal y FAMACHA se analizaron con el test de la suma de rangos de Wilcoxon para datos no pareados⁽³¹⁾.

Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se indica la composición química, DIMS, EM, fenoles y sus fracciones en follaje de *E. americana*. En otros estudios efectuados con follaje de *E. americana* en la región tropical húmeda de Tabasco se indica que el contenido de la PC se encuentra entre 14.5 y 25.6 %^(2,32), en el presente estudio el valor promedio fue de 18.9 %, que se encuentra en el rango de PC observado en esta especie en la región. Sin embargo, el contenido de carbohidratos estructurales (FDN: 71.6 % y FDA: 56.7 %) fue mayor al indicado en follaje de *E. americana* (FDN: 52.4 % y FDA: 40.1 %) en otro estudio⁽²⁾, y la DIMS (42.7 %) fue similar a la degradabilidad *in vitro* de la MS de *E. americana* (43.5 %) cosechada durante la época de sequía⁽³²⁾. Un incremento en el contenido de carbohidratos estructurales se asocia con un aumento en la edad de madurez de la planta. El follaje utilizado en el estudio se cosechó al inicio de la primavera, periodo en el cual los árboles de *E. americana* florecen en la región y una proporción importante de las hojas se encuentran en etapa madura⁽⁴⁾, lo que pudiera explicar el alto contenido de carbohidratos estructurales, la baja DIMS y el valor de EM.

Cuadro 1: Composición química, degradabilidad in situ de la materia seca (DIMS), energía metabolizable (EM), fenoles y sus fracciones en follaje de *Erythrina americana*

Componente	Número de componentes	Media ± DE
Materia seca (MS), %	4	84.9 ± 7.3
Materia orgánica, %	4	90.2 ± 0.3
Proteína cruda, %	4	18.9 ± 1.8
Fibra detergente neutro, %	4	71.6 ± 3.2
Fibra detergente ácido, %	4	56.7 ± 9.7
Cenizas, %	4	9.8 ± 0.3
DIMS, %	18	42.7 ± 3.1
EM, Mcal kg ⁻¹ MS	18	1.45 ± 0.11
Polifenoles totales, g kg ⁻¹ de MS	4	17.27 ± 3.85
Fenoles no taninos, g kg ⁻¹ de MS	4	0.80 ± 0.08

Taninos condensados, g kg ⁻¹ de MS	4	5.77 ± 0.36
Taninos hidrolizables, g kg ⁻¹ de MS	4	10.71 ± 3.84
Taninos totales, g kg ⁻¹ de MS	4	16.48 ± 3.80

Estudios previos indican que el follaje de *Erythrina* contiene compuestos fenólicos, dentro de los cuales destaca la presencia de TC cuyo consumo puede reducir la DIMS y mitigar el problema de los nematodos gastrointestinales en ovinos⁽³³⁾. Sin embargo, el contenido de TC en *E. americana* (5.77 g kg⁻¹ de MS de follaje) fue menor al reportado en *E. goldmanii* (16.3 g kg⁻¹ de MS de follaje)⁽⁹⁾. Algunos autores^(9,34) señalan que la diferencia en el contenido de TC entre estudios puede atribuirse a la época del año, edad del follaje, especie de *Erythrina* y método de secado del follaje. Específicamente, la baja concentración de TC en el follaje en estudio puede atribuirse, en parte, al proceso de secado al que fue expuesto el follaje, ya que un retraso en el proceso de secado puede favorecer que las enzimas presentes en la planta reaccionen con los compuestos fenólicos⁽³⁴⁾. En el tejido vegetal intacto los compuestos fenólicos se encuentran en las vacuolas en forma libre o unidos a carbohidratos. Sin embargo, cuando el follaje es cosechado y secado al aire da inicio el proceso de deshidratación del tejido vegetal, lo que conduce a daño de la membrana celular y de los orgánulos, liberándose enzimas que pueden descomponer a los compuestos fenólicos. Al respecto, se sabe que las enzimas peroxidasa y polifenol oxidasa se localizan en los cloroplastos y cuando estos se dañan son liberadas y producen hidroxilación y oxidación de los compuestos fenólicos, formando quinonas y subsecuentemente pigmentos oscuros denominados melaninas^(35,36).

Consumo de materia seca y nutrientes

No se encontró interacción ($P>0.05$) entre los factores estudiados. La categoría de ovejas ligeras registró mayor consumo de MS, PC, EM y TC con respecto a la categoría de ovejas pesadas (Cuadro 2). La diferencia en el consumo de nutrientes a favor de las ovejas ligeras puede atribuirse a que este tipo de ovejas aún no han alcanzado su peso maduro^(37,38). Una concentración de TC mayor al 5 % en la MS de la dieta y una alta efectividad de los TC para formar complejos con las proteínas de la saliva pueden reducir el consumo de MS en los ovinos⁽³³⁾. Sin embargo, en las ovejas ligeras no se detectó una reducción en el consumo de MS probablemente por la baja concentración de TC en el heno de *E. americana*.

Cuadro 2: Indicadores de consumo de materia seca, proteína cruda, energía y taninos condensados en ovejas Blackbelly x Pelibuey con diferente categoría de peso vivo (CPV) y alimentadas con follaje de *Erythrina americana* (Medias \pm errores estándar)

Variable	Factor			CPV	
	CPV	P	CPV x P	Ligeras [‡]	Pesadas [¶]
Índice de consumo, %	**	**	ns	2.5 ^a \pm 0.1	1.9 ^b \pm 0.1
Consumo de materia seca, g kg ⁻¹ PV	**	**	ns	24.7 ^a \pm 0.9	19.2 ^b \pm 0.8
Consumo de proteína cruda, g kg ⁻¹ PV	**	**	ns	4.6 ^a \pm 0.2	3.6 ^b \pm 0.2
Consumo de EM, Mcal kg ⁻¹ PV	**	**	ns	0.036 ^a \pm 0.001	0.028 ^b \pm 0.001
Consumo de TC, g kg ⁻¹ PV	**	**	ns	0.142 ^a \pm 0.005	0.111 ^b \pm 0.005

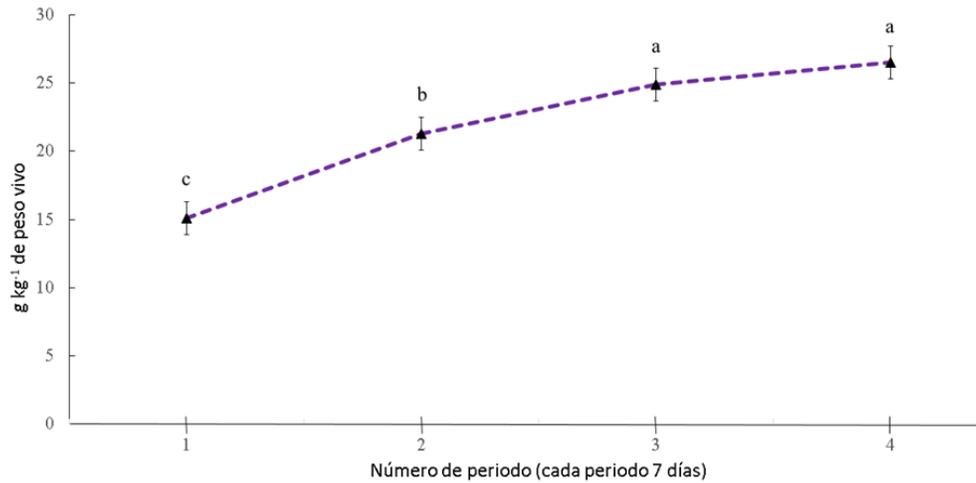
[‡], cada valor es el promedio cuatro ovejas; [¶], cada valor es el promedio cinco ovejas; P= período de evaluación; PV= peso vivo; EM= energía metabolizable; TC= taninos condensados.

** Significativo ($P < 0.01$); ns= no significativo. a, b, literales distintas en la misma línea, indican diferencia ($P < 0.01$).

Conforme avanzaron las semanas de estudio se incrementó ($P < 0.01$) el ICMS, consumo de MS, nutrientes y TC (Figura 1) hasta la tercera semana. Posteriormente, se mantuvieron constantes los consumos de nutrientes. En corderos machos Blackbelly alimentados con follaje de *E. poeppigiana* se indica un IC de 3.5 % el cual es mayor al detectado en este estudio⁽¹¹⁾. Las diferencias en el ICMS entre estudios pueden atribuirse a diferencias en la calidad química de la especie de *Erythrina*, sexo y raza de los ovinos^(11,39). Cuando los ovinos son alimentados con dietas con TC puede presentarse una reducción en el consumo de alimento debido a la astringencia del alimento asociada con la formación de los complejos TC-proteína y a la reducción de la DIMS⁽³³⁾, lo que pudiera explicar, en parte, el menor consumo de MS que presentaron las ovejas durante las primeras dos semanas del estudio. Este tipo de respuesta sugiere que las ovejas y microbios de la unidad rumen retículo requirieron un periodo de dos semanas para adaptarse al tipo de dieta que se les ofreció. Cuando las ovejas reciben una dieta con TC, sus glándulas salivales producen proteínas que pueden unirse tanto a los TC como a los hidrolizables y con ello hacer más tolerable su presencia en la dieta^(33,40). Además, los rumiantes expuestos a dietas con TC pueden desarrollar poblaciones de microbios que tienen la capacidad de alterar y degradar los TC,

evitando con ello que el animal presente una reducción del consumo de MS o de la degradabilidad de la MS^(33,41).

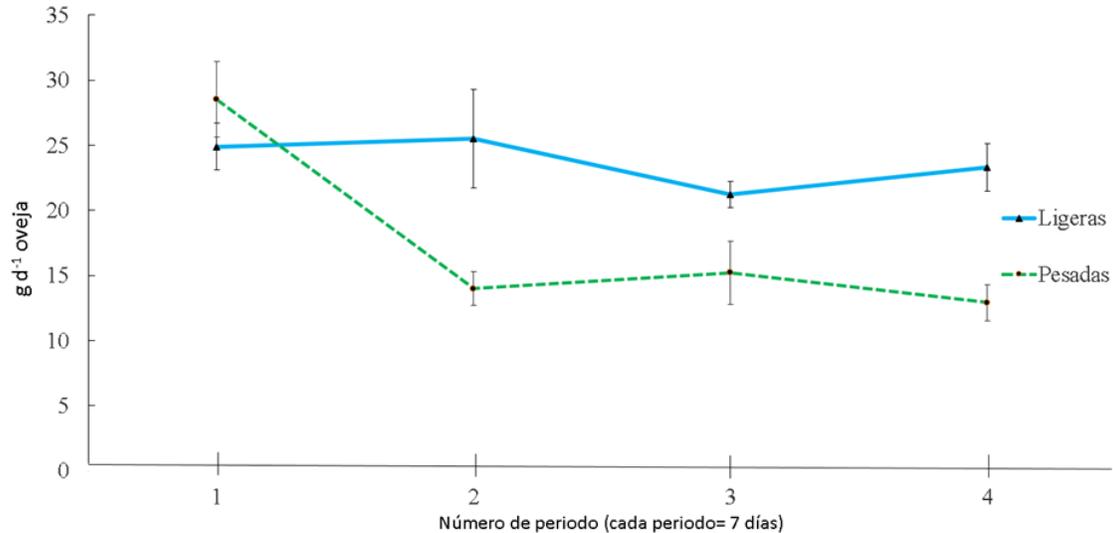
Figura 1: Efecto del número de periodo de estudio sobre el consumo de follaje de *Erythrina americana* (g MS kg⁻¹ PV) en ovejas Blackbelly x Pelibuey



▲ Cada valor es la media de cuadrados mínimos (\pm errores estándar) de nueve ovejas.
^{abc} letras desiguales en la misma línea, indican diferencia estadística ($P < 0.05$).

Las medias (\pm EE) en el consumo diario de sal mineral fueron 23.7 ± 1.1 g animal⁻¹ en las ovejas ligeras y 17.6 ± 2.1 g animal⁻¹ en las pesadas. El consumo de sal mineral se estabilizó en ambos grupos de ovejas entre la segunda y cuarta semana del estudio (Figura 2). El contenido de cenizas en el follaje de *E. americana* en estudio (Cuadro 1) se encuentra entre los valores reportados en follaje de *E. americana* con diferentes edades de rebrote^(2,13,32), y su contenido de cenizas no es mayor al 10 %. Este tipo de follaje contiene menor cantidad de cenizas con relación a algunas gramíneas tropicales, como *C. nlemfuensis* y *Panicum maximum*^(42,43). Por lo que es importante ofrecer una suplementación mineral a los ovinos alimentados con este tipo de leguminosa arbórea. Además, los TC presentes en leguminosas pueden formar complejos con algunos minerales reduciendo su disponibilidad⁽³³⁾. Por otra parte, no existen estudios que documenten los requerimientos de minerales en ovinos de pelo bajo diferentes escenarios de alimentación (pastoreo, estabulación)⁽⁴⁴⁾, pero ovejas alimentadas con *E. americana* han mostrado un consumo de sal mineral mayor al indicado en ovejas de pelo en pastoreo con diferente nivel de complementación alimenticia^(38,45,46). Las diferencias entre estudios pueden atribuirse, en parte, a distinto PV de las ovejas, nivel y composición del complemento alimenticio, composición de la sal mineral y época del año.

Figura 2: Consumo de sal mineral ($\text{g d}^{-1} \text{ovino}^{-1}$) en ovejas Blackbelly x Pelibuey alimentadas con follaje de *Erythrina americana* con diferente categoría de peso vivo durante el estudio

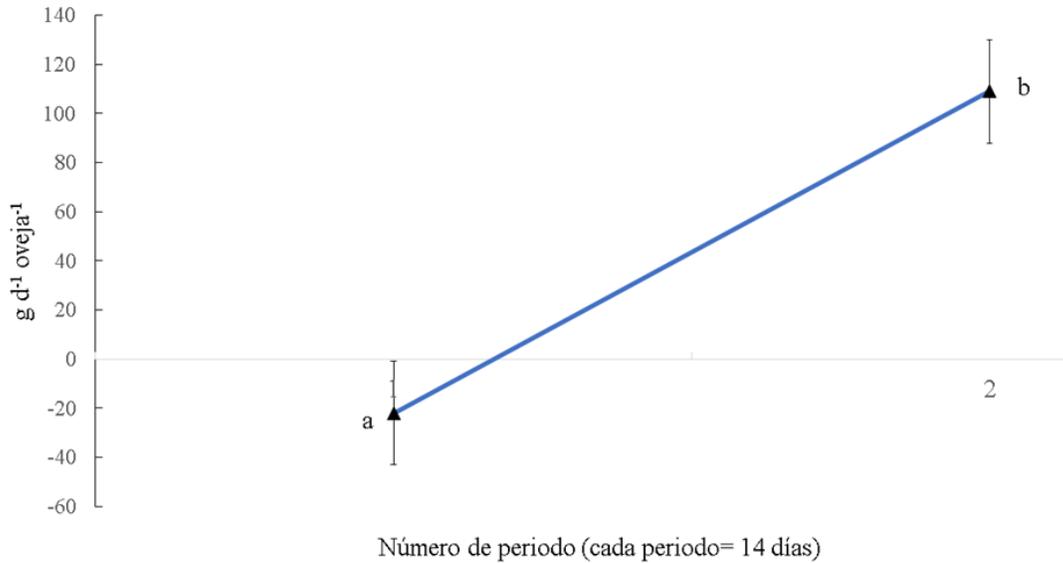


▲ cada valor es la media (\pm errores estándar) de cuatro ovejas; ● cada valor es la media (\pm errores estándar) de cinco ovejas

Cambio de peso vivo

La CPV de las ovejas y la interacción CPV con PE no afectaron ($P > 0.05$) la GDP. Sin embargo, el PE afectó ($P < 0.01$) la GDP. La GDP durante los primeros 14 días fue menor con relación a la detectada en los siguientes 14 días (Figura 3). La GDP negativa que tuvieron las ovejas en los primeros 14 días puede explicarse por el menor consumo de nutrientes (Figura 1). Posteriormente, la GDP se incrementó sustancialmente con relación a lo detectado en el primer periodo, este tipo de respuesta puede atribuirse a un mayor consumo de nutrientes que resultó en un crecimiento compensatorio^(47,48).

Figura 3: Efecto del periodo de estudio sobre la ganancia diaria de peso en ovejas Blackbelly x Pelibuey alimentadas con follaje de *Erythrina americana*



▲ cada valor es la media de cuadrados mínimos (\pm errores estándar) de nueve ovejas.

^{ab} letras desiguales en la misma línea, indican diferencia estadística (prueba de "t"), $P < 0.01$.

La GDP total, CC y el color de la mucosa ocular no fueron afectadas por el GPV (Cuadro 3). La GDP total de las ovejas alimentadas con follaje de *E. americana* fue positiva y mayor a la registrada en corderos Pelibuey machos alimentados con *Pennisetum purpureum* y *E. poeppigiana*⁽¹²⁾ y menor al indicado en corderos machos Blackbelly en crecimiento que recibieron como único alimento follaje de *E. poeppigiana*, la diferencia en la GDP entre estudios puede atribuirse a la edad, sexo y raza de los corderos⁽¹¹⁾.

Cuadro 3: Cambio de peso vivo, condición corporal y FAMACHA en ovejas Blackbelly x Pelibuey con diferente categoría de peso vivo y alimentadas con follaje de *Erythrina americana* (media \pm error estándar)

Variable	Categoría de peso vivo	
	Ligeras [¥]	Pesadas [¶]
Peso inicial, kg	24.1 ^b \pm 1.1	34.8 ^a \pm 1.0
Peso final, kg	25.2 ^b \pm 1.0	36.1 ^a \pm 0.9
GDP total, g	40.5 \pm 21.6	47.3 \pm 19.3
Condición corporal inicial	2.8 \pm 0.3	3.0 \pm 0.0
Condición corporal final	2.8 \pm 0.3	3.0 \pm 0.0
FAMACHA inicial	3.2 \pm 0.5	3.0 \pm 0.0
FAMACHA final	3.2 \pm 0.5	3.0 \pm 0.0

[¥], cada valor es el promedio cuatro ovejas; [¶], cada valor es el promedio cinco ovejas; a, b, literales distintas en la misma línea, indican diferencias ($P < 0.01$).

Componentes hematológicos

No se encontró interacción ($P > 0.05$) entre los factores estudiados en los componentes hematológicos. Con excepción de la hemoglobina y del hematocrito ($P < 0.05$), el número de día no afectó al resto de los componentes hematológicos ($P > 0.05$). Las medias generales \pm DE para glóbulos rojos, hemoglobina, hematocrito, volumen corpuscular medio de los glóbulos rojos, glóbulos blancos, linfocitos y granulocitos fueron: 8.1 ± 1.5 ($\times 10^{12}$ L), 10.2 ± 1.6 (g dl⁻¹), 25.1 ± 4.1 (%), 31.2 ± 1.9 ($\times 10^{15}$ L), 10.2 ± 2.8 ($\times 10^9$ L), 7.3 ± 2.2 ($\times 10^9$ L) y 1.0 ± 0.3 ($\times 10^9$ L). Mientras que las medias de cuadrados mínimos \pm EE para hemoglobina (g dl⁻¹) y hematocrito en los días 1, 14 y 28 fueron: $11.2^a \pm 0.5$, $10.1^{b\pm} \pm 0.5$ y $9.4^{b\pm} \pm 0.5$, respectivamente y, $22.5^{b\pm} \pm 1.3$, $26.6^a \pm 1.3$ y $26.9^a \pm 1.3$, respectivamente. Los valores en las variables hemáticas estudiadas se encuentran dentro de los límites indicados para ovinos de pelo en pastoreo en la región tropical⁽⁴⁹⁾. Los niveles de consumo de follaje de *E. americana* que tuvieron las ovejas durante las cuatro semanas del estudio permitieron que las variables hematológicas estudiadas se mantuvieran dentro de los límites indicados para ovejas que no se encuentran en fase de gestación y lactación.

Huevos de nematodos gastrointestinales

No se encontró interacción ($P>0.05$) entre los factores estudiados en el HPG. La media general (\pm DE; datos sin transformar) para HPG fue de 264 ± 670 . En pequeños rumiantes, el consumo de dietas con TC (15 % de TC proveniente de *Acacia molissima*, con base a MS) puede reducir el HPG^(15,33). Sin embargo, el nivel de consumo de TC que lograron las ovejas durante cuatro semanas no fue suficiente para detectar un cambio en el HPG atribuido a la CPV o al PE. Además, las ovejas recibieron *E. americana* en condiciones de estabulación y con ello se evitó que mantuvieran una infección natural sostenida, lo que explica, en parte, el bajo HPG detectado.

Conclusiones e implicaciones

El contenido de PC, carbohidratos estructurales y TC en el follaje de *E. americana*, así como, el nivel de consumo voluntario que tuvieron las ovejas indica que este tipo de follaje se puede utilizar como alimento único durante periodos cortos. La CPV de las ovejas y el número de periodo afectaron el nivel de consumo de nutrientes y TC. Las ovejas con menor peso tuvieron mayor consumo de nutrientes y TC por kg de PV con relación a las de mayor peso. Sin embargo, un mayor consumo de nutrientes durante un periodo de 28 días no permitió incrementar la GDP de las ovejas ligeras con respecto a las pesadas. En ambas categorías de ovejas, el consumo de *E. americana* no generó cambios negativos en su comportamiento productivo y estado de salud medido a través de la GDP, variables hemáticas y en el HPG. Se recomienda usar la *E. americana* como único alimento en periodos cortos de contingencias ambientales.

Agradecimientos

La autora principal agradece al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el financiamiento para los estudios de Maestría en el Programa de Producción Agroalimentaria en el Trópico (CPOS-PROPAT-CT-078/2016).

Literatura citada:

1. Rodríguez-Ramírez MR, González-Sotelo A, Yáñez-Muñoz A, Silva-Luna M, Gómez-Escobar CI. Composición química de recursos forrajeros para la alimentación de ovinos en Colima, México. Folleto técnico 3, Colima, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias; 2013.

2. Oliva-Hernández J, López-Herrera MA, Velázquez-Jiménez E, López-Enríquez G, Vélez-Pérez II. Eficiencia en la cosecha manual de follaje de moté (*Erythrina americana* Miller). Rev Mex Cienc Forest 2019;10(11):55-67.
3. Pinto R, Ramírez L, Kú VJC, Ortega L. Especies arbóreas y herbáceas forrajeras del sureste de México. Pastos y Forrajes 2002;25(3):171-180.
4. García-Mateos R, Soto-Hernández M, Vibrans H. *Erythrina americana* Miller (“Colorín”: Fabaceae), a versatile resource from Mexico: A Review. Economic Botany 2001;55(3):391-400.
5. Enríquez QJF, Meléndez NF, Bolaños AED, Esqueda EVA. Producción y manejo de forrajes tropicales. Libro técnico 28, Veracruz, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2011.
6. Torres RJA, Castro FR, Grande CD. Cercas de uso pecuario en la cuenca del río La Antigua, México: Inventario florístico y costo de construcción. Zootecnia Trop 2008;26(3):279-283.
7. Grande CD, Villanueva LG, Maldonado GNM, Hernández DS. Las cercas vivas. En: Maldonado GNM (coordinador). Los sistemas silvopastoriles en Tabasco. Una opción para desarrollar una ganadería productiva y amigable con la naturaleza. Tabasco, México: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; 2013:23-39.
8. Zamora S, García J, Bonilla G, Aguilar H, Harvey CA, Ibrahim M. Uso de frutos y follaje arbóreo en la alimentación de vacunos en la época seca en Boaco, Nicaragua. Agroforestería en las Américas 2001;8(31):31-38.
9. Pinto R, Gómez H, Hernández A, Medina F, Martínez B, Aguilar VH, *et al.* Preferencia ovina de árboles forrajeros del Centro de Chiapas, México. Pastos y Forrajes 2003;26(4):329-334.
10. Best DA, Lara-Lara PE, Aguilar-Urquizo E, Cen-Chuc FE, Ku-Vera JC, Sanginés-García JR. In vivo digestibility and nitrogen balance in sheep diets with foliage of fodder trees in substitution for soybean meal. Agroforest Syst 2017;91(6):1079-1085.
11. Benavides J. Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. En: Sánchez MD, Rosales M editores. Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; 1999. <http://www.fao.org/docrep/014/x1213s/x1213s.pdf>. Consultado 3 Dic, 2017.

12. Grande CJD. Los árboles forrajeros como recurso potencial para el desarrollo de sistemas silvopastoriles en la región de la sierra de Tabasco [tesis doctoral]. México, DF: Universidad Autónoma Metropolitana; 2010.
13. Hernández-Espinoza DF, Ramos-Juárez JA, López-Herrera MA, Lagunes-Espinoza LC, González-Garduño R, Oliva-Hernández J. Influencia de la edad de rebrote de *Erythrina americana* Miller sobre la composición química del follaje. En: Martínez HJ coordinador. Reunión Científica-Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 2017 y VI Simposio Internacional en Producción Agroalimentaria Tropical. Tabasco. 2017:53-56.
14. Li YG, Tanner G, Larkin P. The DMACA–HCl Protocol and the threshold proanthocyanidin content for bloat safety in forage legumes. *J Sci Food Agric* 1996;70:89-101.
15. Borges DGL, Borges FA. Plants and their medicinal potential for controlling gastrointestinal nematodes in ruminants. *Nematoda* 2016;3:e92016.
16. INEGI. Anuario estadístico y geográfico de Tabasco. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía; 2017. http://internet.contenidos.inegi.org.mx/contenidos/Productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/anuarios_2017/702825095123.pdf. Consultado 3 Oct, 2018.
17. Latimer Jr. GM. Official Methods of Analysis of AOAC International. Maryland, USA: AOAC International; 2012.
18. Van Soest PJ, Robertson JD, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 1991;74:3583-3597.
19. Ørskov ER, Hovell FD DeB, Mould F. The use of the nylon bag technique for the evaluation of feedstuffs. *Trop Anim Prod* 1980;5:195-213.
20. García-Trujillo R. Estudio en la aplicación de sistemas de expresión del valor nutritivo de los forrajes en Cuba y método de racionamiento [tesis doctorado]. Habana, Cuba: Instituto de Ciencia Animal; 1983.
21. Makkar HPS, Blummel M, Borowy NK, Becker K. Gravimetric determination of tannins and their correlations with chemical and protein precipitation methods. *J Sci Food Agric* 1993;61:161-165.

22. Porter LH, Hrstich LN, Chan BC. The conversion of procyanidins and prodelphinidins to cyaniding and delphinidin. *Phytochem* 1985;25(1):223-230.
23. Singh B, Sahoo A, Sharma R, Bhat TK. Effect of polyethylene glycol on gas production parameters and nitrogen disappearance of some tree forages. *Anim Feed Sci Technol* 2005;123-124:351-364.
24. Rana KK, Wadhwa M, Bakshi MPS. Seasonal variations in tannin profile of tree leaves. *Asian-Australas J Anim Sci* 2006;19:1134-1138.
25. Thomson J, Meyer H. Body condition scoring of sheep. Oregon, USA: Oregon State University Extension Service; 1994. <https://ir.library.oregonstate.edu/downloads/9p290956v>. Consultado 3 Oct, 2018.
26. van Wyk JA, Bath GF. The FAMACHA© system for managing haemonchosis in sheep and goats by clinically identifying individual animals for treatment. *Vet Res* 2002;33(5):509-29.
27. Ambrosio JR. Técnicas cuantitativas de Mc Master y Stoll. En: Escutia I, Quiroz H, Herrera D (editores). *Diagnóstico de las parasitosis internas de los rumiantes domésticos y cerdos*. DF, México: Asociación Mexicana de Parasitología Veterinaria; 1985:252-264.
28. Cody RP, Smith JK. 1991. *Applied Statistics and the SAS programming language*. 3rd ed. New York, USA: Elsevier Science Publishing Co. Inc.
29. SAS. *SAS User's Guide (Release 9.0)*. Cary NC, USA: SAS Inst. Inc. 2002.
30. Wang Z, Goonewardene LA. The use of MIXED models in the analysis of animal experiments with repeated measures data. *Can J Anim Sci* 2004;84:1-11.
31. Milton JS. *Estadística para biología y ciencias de la salud*. Madrid, España: Mc Graw-Hill Interamericana; 2007.
32. Reyes MF, Jiménez FG. Uso y valor nutritivo de árboles y arbustos con potencial forrajero en la región de la sierra, Tabasco, México. En: Sánchez DDC, Jiménez SR, López ANC, Gómez ME editores. *Reunión Científica Tecnológica Forestal y Agropecuaria Tabasco 98*. Tabasco. 1998:73-80.
33. Naumann HD, Tedeschi LO, Zeller WE, Huntley NF. The role of condensed tannins in ruminant animal production: advances, limitations and future directions. *R Bras Zootec* 2017;46(12):929-949.

34. FAO. Quantification of tannins in tree foliage. Vienna, Austria: Food Agricultural and Agricultural Organization/International Atomic Energy Agency; 2000 <http://www-naweb.iaea.org/nafa/aph/public/pubd31022manual-tannin.pdf>. Consultado 9 Sept, 2017.
35. Dicko MH, Gruppen H, Traoré AS, Voragen AGJ, van Berkel WJH. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of sorghum for food use. *Biotechnol Mol Biol Rev* 2006;1(1):21-38.
36. Morante CJ, Agnieszka OA, Bru-Martínez R, Carranza PM, Pico-Saltos R, Nieto RE. Distribución, localización e inhibidores de las polifenol oxidasas en frutos y vegetales usados como alimento. *Ciencia y Tecnología* 2014;7(1):23-31.
37. Dzib CA, Ortiz de Montellano A, Torres-Hernández G. Variabilidad morfoestructural de ovinos Blackbelly en Campeche, México. *Arch Zootec* 2011;60(232):1291-1301.
38. Zamora-Zepeda R, Oliva-Hernández J, Hinojosa-Cuéllar JA. Complementación energética y proteínica en corderas Blackbelly x Pelibuey en pastoreo. *Nova Scientia* 2015;7(15):245-264.
39. Lewis RM, Emmans GC. Feed intake of sheep as affected by body weight, breed, sex, and feed composition. *J Anim Sci* 2010;88:467-480.
40. Ventura-Cordero J, Pech-Cervantes A, Sandoval-Castro CA, Torres-Acosta JFJ, González PPG, Sarmiento FLA. Relación herbívoro-tanino: adaptación de ovinos y caprinos a la vegetación rica en taninos de la península de Yucatán. *Bioagrobiencias* 2013;6(1):19-25.
41. Smith AH, Zoetendal E, Mackie RI. Bacterial mechanisms to overcome inhibitory effects of dietary tannins. *Microb Ecol* 2005;50(2):197-205.
42. Juárez RAS, Cerrillo SMA, Gutierrez OE, Romero TEM, Colín NJ, Bernal BH. Estimación del valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas *in vitro*. *Tec Pecu Mex* 2009;47(1):55-67.
43. Villalobos L, Arce J. Evaluación agronómica y nutricional del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de monteverde, Puntarenas, Costa Rica. II Valor nutricional. *Agron Costarricense* 2014;38(1):133-145.
44. Oliva HJ. Crecimiento y desarrollo postdestete de corderas de razas de pelo. Explotación en pastoreo y con complementación alimenticia en regiones tropicales. Saarbrücken, Alemania: Editorial Académica Española; 2012.

45. Pascual-Córdova A, Oliva-Hernández J, Hernández-Sánchez D, Torres-Hernández G, Suárez-Oporta ME, Hinojosa-Cuéllar JA. Crecimiento postdestete y eficiencia reproductiva de corderas Pelibuey con un sistema de alimentación intensiva. Arch Med Vet 2009;41:205-212.
46. Cadenas JA, Oliva-Hernández J, Hinojosa JA, Torres-Hernández G. Suplementación alimenticia durante el crecimiento post destete de corderas Pelibuey x Blackbelly en pastoreo en el trópico húmedo de México. Arch Zootec 2010;59(226):303-306.
47. Lawrence TLJ, Fowler VR. Growth of farm animals. 2nd ed. NY, USA: CABI Publishing; 2002.
48. Manni K, Rinne M, Joki-Tokola E, Huuskonen A. Effects of different restricted feeding strategies on performance of growing and finishing dairy bulls offered grass silage and barley based diets. Agr FSci 2017;26:91-101.
49. Bezerra LR, Oliveira WDC, Silva TPD, Torreão JNC, Marques CAT, Araújo MJ, *et al.* Comparative hematological analysis of Morada Nova and Santa Inês ewes in all reproductive stages. Pesq Vet Bras 2017;37(4):408-414.