

Composición química y digestibilidad de cuatro leguminosas tropicales mexicanas

Eliseo Sosa-Montes¹

José Isidro Alejos-de la Fuente^{1§}

Arturo Pro-Martínez²

Fernando González-Cerón¹

Javier Francisco Enríquez-Quiroz³

María Guadalupe Torres-Cardona⁴

¹Universidad Autónoma Chapingo-Departamento de Zootecnia. Carretera México-Texcoco km 38.5, Chapingo, Estado de México. CP. 56230. Tel. 595 9521500, ext. 5112. (eliseososa@yahoo.com.mx; fgceron@colpos.mx). ²Colegio de Posgraduados-Campus Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36.5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. CP. 56230. Tel. 595 9520200. (aproma@colpos.mx). ³INIFAP. 'La Posta' Paso del Toro, Veracruz. CP. 94277. Tel. 229 2622222. (enriquez.javier@inifap.gob.mx). ⁴Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo-Instituto de Ciencias Agropecuarias. Av. Universidad km 1, Tulancingo de Bravo, Hidalgo. CP. 43600. Tel. 771 7172000. (maria_torres7599@uaeh.edu.mx).

§Autor para correspondencia: jalejosd@chapingo.mx.

Resumen

En México, las propiedades nutricionales de las leguminosas tropicales no se conocen ampliamente. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue evaluar el valor nutricional de *Arachis pintoi*, *Clitoria ternatea*, *Macroptilium atropurpureum* y *Stylosanthes guianensis*. Se evaluaron, proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE), cenizas (CEN), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), lignina cruda (LC), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y digestibilidad *in situ* de la MS (DISMS). Las muestras se colectaron en las parcelas experimentales del INIFAP, estado de Veracruz, México. Las evaluaciones se realizaron en el Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Cada especie se evaluó, con tres repeticiones y cada repetición se consideró la unidad experimental, resultando doce observaciones por variable. Las medias se separaron mediante la prueba de Tukey ($p < 0.05$). *Arachis pintoi* mostró los porcentajes más altos de PC (25.2%), CEN (9%), DIVMS (83.2%) y DISMS (88.0%) y los valores más bajos de FDN (32.8%), FDA (26.9%) y LC (5.5%). *Macroptilium atropurpureum* mostró los porcentajes más bajos de PC, DIVMS, DISMS y CEN (6.4%) y los valores altos de FDN (50.9%), FDA (37.6%) y LC (11.8%). Las otras leguminosas mostraron valores intermedios o bajos de todas las variables. Por tanto, con base en la composición química y la digestibilidad *in vitro* e *in situ* de la materia seca, *Arachis pintoi* fue la especie con el mejor valor nutricional.

Palabras clave: *A. pintoi*, *C. ternatea*, *M. atropurpureum* y *S. guianensis*.

Recibido: enero de 2020

Aceptado: marzo de 2020

Introducción

La calidad nutricional de los forrajes en el trópico mexicano es determinante para la alimentación de los rumiantes (Estrada *et al.*, 2019). En zonas tropicales, la producción ganadera mejora cuando se dispone de forraje de alto valor nutritivo, que satisfaga los requerimientos del animal (Rincón *et al.*, 1992). Por su amplia productividad y calidad, las leguminosas nativas pueden ser usadas en los sistemas de producción animal en México (Alatorre-Hernández *et al.*, 2018).

En la mayor parte de los ecosistemas tropicales de México hay abundancia de leguminosas (Piñeiro-Vázquez, 2017), comparadas con los pastos, estas plantas tienen más proteína y menos fibra (Solati *et al.*, 2017). Las leguminosas, aumentan el consumo voluntario y mejoran el funcionamiento del rumen (Sahay *et al.*, 2016). Las leguminosas, además de mejorar la producción animal fijan nitrógeno atmosférico (Clúa *et al.*, 2018), tanto para su propio crecimiento como para el de gramíneas y otros cultivos (Sahay *et al.*, 2016; Burger y Zipper, 2018). Las leguminosas de clima templado, como alfalfa (*Medicago sativa*), trébol blanco (*Trifolium repens*) y trébol rojo (*Trifolium pratense*) han sido bastante estudiadas y se siguen estudiando en México (Camacho-García y García Muñiz, 2003; Castrejón *et al.*, 2017).

Sin embargo, en condiciones tropicales hay una diversidad de leguminosas como los géneros: *Arachis*, *Clitoria*, *Centrosema*, *Cratylia*, *Desmodium*, *Lablab*, *Leucaena*, *Macroptilium*, *Pueraria*, *Stylosanthes* y *Vigna* (Castrejón *et al.*, 2017; Singh *et al.*, 2018). En el estado de Veracruz la producción animal se basa en pasturas nativas compuestas por las gramíneas *Paspalum* sp., *Axonopus* sp., *Setaria* sp. y las leguminosas *Leucaena* sp., *Desmodium* sp. y *Centrosema* sp. (Hernández *et al.*, 1990; Castrejón *et al.*, 2017).

Aunque los rangos numéricos de las variables evaluadas ya han sido determinados, no se encontró información sobre la relación que guardan dichas variables entre sí. La PC varió de 12.6 g (100 g)⁻¹ a 21.8 g (100 g)⁻¹, siendo el valor más bajo para *S. guianensis* y el más alto para *A. pintoii*. En la literatura consultada, la variable CEN fue 6.7 g (100 g)⁻¹, 10.9 g (100 g)⁻¹ y 12.0 g (100 g)⁻¹ para *C. ternatea*, *A. pintoii* y *S. guianensis*, respectivamente. La variable CC fue 47.7 g (100 g)⁻¹ y 45.2 g (100 g)⁻¹ para *S. guianensis* y *A. pintoii*, respectivamente (Kavana *et al.*, 2005; García-Ferrer *et al.*, 2015).

Lagunes-Rivera *et al.* (2019) encontraron que *A. pintoii* mostró los valores más altos de CC (39 g (100 g)⁻¹ contra 35 g (100 g)⁻¹ de *S. guianensis*), los más bajos de FDN (61 g (100 g)⁻¹ contra 65 g (100 g)⁻¹ de *S. guianensis*), los más bajos de FDA (35 g (100 g)⁻¹ contra 44 g (100 g)⁻¹ de *S. guianensis*), los más altos de PC (21 g (100 g)⁻¹ contra 19 g (100 g)⁻¹ de *S. guianensis*) y los más altos de DIVMS (74 g (100 g)⁻¹ contra 62 g (100 g)⁻¹ de *S. guianensis*). En general, en la literatura consultada, a valores altos de PC, le corresponden valores altos de CC, bajos de FDN, altos de DIVMS y altos de DISMS.

Además, las leguminosas forrajeras tropicales han sido muy poco aprovechadas en la alimentación animal, probablemente por la escasez de semilla comercial y desconocimiento de su manejo, entre otras causas. Aunque hay abundante información de evaluaciones agronómicas en leguminosas forrajeras, los atributos de estas especies para el animal, son poco conocidos (Alatorre-Hernández *et al.*, 2018). Así que, conocer las características de estas leguminosas, es esencial para mejorar la

producción animal (Valles-de la Mora *et al.*, 2017). Por tanto, el objetivo del estudio fue evaluar la composición química y la digestibilidad *in vitro* e *in situ* de *Arachis pintoi*, *Clitoria ternatea*, *Macroptilium atropurpureum* y *Stylosanthes guianensis*.

Materiales y métodos

Localidad

Las muestras se obtuvieron del Campo Experimental ‘La Posta’ perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), ubicado en Paso del Toro, Medellín, Veracruz, entre los paralelos 18° 50’ y 19° 09’ latitud norte y los meridianos 96° 02’ y 96° 16’ longitud oeste, 50 a 55 msnm, temperatura media anual 24 a 28 °C, precipitación 1 100 a 1 600 mm, humedad relativa media 31% (INEGI, 2009).

Obtención de las muestras

Las plantas (30 días de edad) fueron cortadas manualmente, embolsadas y etiquetadas y se secaron a 55 °C en estufa de aire forzado hasta peso constante. Posteriormente, se molieron y se identificaron, colocándose en bolsas de plástico para su análisis en el laboratorio de Nutrición Animal del Departamento de Zootecnia de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), estado de México.

Variables determinadas

Se determinaron las siguientes variables (AOAC, 1990; Van Soest *et al.*, 1994; Giraldo *et al.*, 2007; Navarro-Ortiz y Roa-Vega, 2018), todas en g (100 g)⁻¹ de muestra: materia seca (MS), proteína cruda (PC), fibra cruda (FC), extracto etéreo (EE), cenizas (CEN), materia orgánica (MO), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro (FDN), lignina cruda (LC), hemicelulosa (HEM), celulosa (CEL), contenido celular (CC), digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS) y digestibilidad *in situ* de la MS (DISMS).

Digestibilidad *in vitro* e *in situ* de la materia seca

En un tubo de plástico de 100 cm³, se pesaron 0.5034 ±0.0020 g de muestra, se agregaron 20 cm³ de saliva de Mc Dougall como buffer y 5 cm³ de líquido ruminal. La mezcla se incubó a 39 °C durante 48 h, con agitación cada 12 h. Se determinó la FDN residual y se aplicó la siguiente fórmula para calcular la digestibilidad de la muestra en g (100 g)⁻¹: DIVMS=100-(FDN residual/g de muestra)×100. Las condiciones anaeróbicas, se lograron empleando corriente de CO₂. El líquido ruminal se obtuvo de un bovino Holstein fistulado (Giraldo *et al.*, 2007; Navarro-Ortiz y Roa-Vega, 2018), que estaba consumiendo una dieta a base de alfalfa. La DISMS se determinó en forma similar pero en lugar de un tubo de plástico se usaron bolsas Ankom[®] de 5 × 5 cm (Ankom Co., Fairport, NY, USA). En las bolsas se colocaron 0.5402 ±0.0472 g de muestra, se usó el mismo bovino Holstein fistulado y las bolsas permanecieron 48 h en el rumen. Después de este tiempo, las bolsas se secaron a 100 °C, se determinó la FDN residual, y se usó una fórmula similar a la anterior, para el cálculo de la DISMS.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con cuatro tratamientos (cuatro leguminosas), tres repeticiones para las variables MS, PC, FC, EE, CEN, MO, FDN, LC, CEL, HEM y CC y cuatro repeticiones para las variables DIVMS y DISMS. Después de realizar el análisis de varianza, se utilizó la prueba de Tukey para la separación de medias ($p < 0.05$), empleando el paquete estadístico para ciencias sociales (SPSS), Statistical Package for the Social Sciences por sus siglas en inglés (SPSS, 2011) versión 8.0.

Resultados y discusión

Análisis proximal

Las variables evaluadas de este análisis (Cuadro 1) fueron: proteína cruda (PC), cenizas (CEN), extracto etéreo (EE), fibra cruda (FC), materia orgánica (MO) y extracto libre de nitrógeno (ELN). Solo PC, CEN y MO fueron estadísticamente diferentes entre leguminosas. *A. pintoi* 25.2 g (100 g)⁻¹, mostró el valor más alto de PC, seguida por *C. ternatea* 22.7 g (100 g)⁻¹; mientras que *S. guianensis* 16.2 g (100 g)⁻¹ y *M. atropurpureum* 16.5 g (100 g)⁻¹, mostraron los valores más bajos. La variable CEN fue ($p < 0.05$) la más alta en *A. pintoi* 9 g (100 g)⁻¹, intermedia en *S. guianensis* 8.1 g (100 g)⁻¹ y la más baja en *C. ternatea* 6.8 g (100 g)⁻¹ y *M. atropurpureum* 6.4 g (100 g)⁻¹. Estos valores de PC y CEN, estuvieron cercanos a los de la literatura consultada, con edades de las plantas entre 30 y 60 días.

Cuadro 1. Análisis proximal en base seca, g (100)⁻¹, de cuatro leguminosas del estado de Veracruz, México.

Especie	PC	CEN	FC	EE	MO	ELN
<i>Clitoria ternatea</i>	22.7 b	6.8 c	40.3	3.1	93.2 a	26.9
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	16.5 c	6.4 c	35.9	3.2	93.5 a	37.9
<i>Stylosanthes guianensis</i>	16.2 c	8.1 b	37.5	2.4	91.8 b	35.5
<i>Arachis pintoii</i>	25.2 a	9 a	27.7	2.7	90.9 c	35.4

Medias en la misma columna con diferente literal son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$). PC= proteína cruda; CEN= cenizas; FC= fibra cruda; EE= extracto etéreo; MO= 100-CEN= materia orgánica; ELN= extracto libre de nitrógeno.

García-Ferrer *et al.* (2015) reportaron 21.8 g (100 g)⁻¹ de PC para *A. pintoii*, 18.3 g (100 g)⁻¹ para *C. ternatea* y 14.5 g (100 g)⁻¹ para *S. guianensis*. Kavana *et al.* (2005) reportaron 15.3 g (100 g)⁻¹ para *C. ternatea*, 13.4 g (100 g)⁻¹ para *M. atropurpureum* y 12.6 g (100 g)⁻¹ para *S. guianensis*. Es decir, se conserva entre especies, el orden de PC que se encontró en el presente estudio, con *A. pintoii* mostrando los valores más altos de PC. Sotelo *et al.* (2018) y Oyekunle *et al.* (2018) reportaron 12.0 g (100 g)⁻¹ y 10.9 g (100 g)⁻¹ de CEN para *S. guianensis* y *A. pintoii*, respectivamente (valores altos). La O *et al.* (2006) reportaron 8.3 g (100 g)⁻¹ de CEN para *M. atropurpureum* y Bugarín *et al.* (2009) reportaron 6.7 g (100 g)⁻¹ de CEN para *C. ternatea* (valores bajos). En este estudio también, *A. pintoii* y *S. guianensis* mostraron los valores más altos de CEN y las otras dos leguminosas los valores más bajos.

Todas las leguminosas estudiadas mostraron valores de PC superiores a 16 g (100 g)⁻¹. Pero *A. pintoii* y *C. ternatea* mostraron valores de PC superiores a 22 g (100 g)⁻¹, lo que las hace buenas fuentes de proteína para animales en el trópico. Debido probablemente a la calidad nutricional de *A. pintoii* y *C. ternatea*, Jusoh y Nur-Hafifah (2018) encontraron en conejos mayor preferencia por *A. pintoii*, seguida de *C. ternatea* y menor por *S. guianensis*.

Análisis de Van Soest

Las variables evaluadas de este análisis (Cuadro 2) fueron: fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), lignina cruda (LC), hemicelulosa (HEM), celulosa (CEL) y contenido celular (CC).

Cuadro 2. Análisis de Van Soest en base seca g (100)⁻¹, de cuatro leguminosas del estado de Veracruz, México.

Especie	FDN	FDA	LC	HEM	CEL	CC
<i>Clitoria ternatea</i>	46.5 ab	38.7 a	8.8 b	7.8 bc	38.9 a	53.4 bc
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	50.9 a	37.6 a	11.8 a	13.3 a	37.7 a	49.1 c
<i>Stylosanthes guianensis</i>	44.3 b	32.4 b	5.1 c	11.8 ab	34 b	55.7 b
<i>Arachis pintoii</i>	32.8 c	26.9 c	5.5 c	5.8 c	28 c	67.2 a

Medias en la misma columna con diferente literal son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$). FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; LC= lignina cruda; HEM= hemicelulosa; CEL= celulosa; CC= 100-FDN= contenido celular.

Contenido celular

La leguminosa *A. pintoii* produjo los valores más altos 67.1 g (100 g)⁻¹ de CC (compuestos no-fibrosos) y *M. atropurpureum*, mostró los valores más bajos 49 g (100 g)⁻¹. *S. guianensis* fue intermedia y *C. ternatea* fue baja-intermedia en esta variable que representa los compuestos no-fibrosos o solubles (Cuadro2). Los valores de CC mostrados por *A. pintoii* fueron superiores a los reportados por Castaño y Cardona (2015) que encontraron 47.7 g (100 g)⁻¹. A distintas edades (20 a 80 días de edad) y épocas del año, García Ferrer *et al.* (2015) encontraron valores de CC desde 32.8 g (100 g)⁻¹ a 55.2 g (100 g)⁻¹ en *A. pintoii*; asimismo, en *S. guianensis* encontraron valores desde 25.9 g (100 g)⁻¹ a 42.9 g (100 g)⁻¹. Es decir, según estos autores, *A. pintoii*, tiende a ser mejor que *S. guianensis* en esta variable.

Variables de la fibra

Contrariamente al contenido celular, *A. pintoii* produjo los valores más bajos de todas las variables de la fibra: FDN, FDA, LC, HEM y CEL, y *M. atropurpureum*, mostró los valores más altos. *A. pintoii* junto con *S. guianensis* mostraron los valores más bajos de LC (Cuadro 2). García-Ferrer *et al.* (2015) encontraron valores de FDN de 54.8 g (100 g)⁻¹ para *A. pintoii*, 57.1 g (100 g)⁻¹, para *S. guianensis* y 57.0 g (100 g)⁻¹ para *C. ternatea*. Lagunes-Rivera *et al.* (2019) encontraron valores de FDA de 35 g (100 g)⁻¹ para *A. pintoii* y de 44 g (100 g)⁻¹ para *S. guianensis*.

Estos valores son mayores a los del presente estudio, probablemente porque los intervalos entre cortes fueron mayores de 30 días en los trabajos de estos autores. Pero, aunque estos valores de las variables de la fibra, son altos comparados con los del presente estudio, mantienen la relación de valores bajos de *A. pintoii* y valores altos de las demás leguminosas. En un estudio de Lagunes-Rivera *et al.* (2019), la especie *A. pintoii* tuvo menor contenido de fibras, contrastando con las demás leguminosas herbáceas que ellos estudiaron.

Digestibilidad *in vitro* e *in situ* de la materia seca

La leguminosa *A. pintoii* mostró los valores más altos de DIVMS y DISMS, y *M. atropurpureum* mostró los valores más bajos de esas variables. *S. guianensis* y *C. ternatea* mostraron valores intermedios (Cuadro 3). Los valores de DIVMS para *A. pintoii*, *S. guianensis*, *C. ternatea* y *M. atropurpureum*, fueron: 84.5 g (100)⁻¹, 74.0 g (100)⁻¹, 68.9 g (100)⁻¹ y 63 g (100)⁻¹, respectivamente. Los valores de DISMS, en el mismo orden de estas leguminosas, fueron: 88.0 g (100)⁻¹, 73.7 g (100)⁻¹, 69.9 g (100)⁻¹ y 56.6 g (100)⁻¹, respectivamente. Es decir, *A. pintoii* mostró la mayor digestibilidad y *M. atropurpureum* mostró el menor valor de esta variable.

Cuadro 3. Digestibilidad *in vitro* e *in situ* en base seca, g (100 g)⁻¹, de cuatro leguminosas del estado de Veracruz, México.

Especie	DIVMS	DISMS
<i>Clitoria ternatea</i>	68.9 c	69.9 b
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	63 d	56.6 c
<i>Stylosanthes guianensis</i>	74 b	73.7 b
<i>Arachis pintoii</i>	84.5 a	88 a

Medias en la misma columna con diferente literal son estadísticamente diferentes (Tukey, $p < 0.05$). DIVMS= digestibilidad *in vitro* de la materia seca, DISMS= digestibilidad *in situ* de la materia seca. Ambas se determinaron usando líquido ruminal de bovino Holstein, con una dieta a base de alfalfa, principal leguminosa forrajera del área de estudio.

García-Ferrer *et al.* (2015) encontraron, a los 21 días de rebrote, valores de DISMS de 80.2 g (100)⁻¹, 74.0 g (100)⁻¹ y 76.0 g (100)⁻¹ para *A. pintoii*, *S. guianensis* y *C. ternatea*, respectivamente. Valores parecidos a los del presente estudio (Cuadro 3). Lagunes-Rivera *et al.* (2019) encontraron que *A. pintoii*, mostró los valores más altos de DIVMS en comparación con otras tres leguminosas forrajeras de la región tropical del estado de Puebla, México.

Los valores de DIVMS y DISMS de *A. pintoii* fueron muy buenos, lo cual implica que, si el contenido celular se digiere en 99 g (100)⁻¹ (NRC, 2001), entonces las digestibilidades *in vitro* e *in situ* de la FDN serán 51.1 g (100)⁻¹ y 65.8 g (100)⁻¹, respectivamente.

Correlaciones entre las variables estudiadas

La DIVMS y la DISMS mostraron ($p < 0.05$) correlación positiva con CEN. Por otra parte, CEN mostró correlación positiva ($p < 0.05$) con CC. En consecuencia, CC tuvo ($p < 0.05$) correlación positiva con la DIVMS y con la DISMS (Cuadro 4). Esta correlación también se dedujo a partir de la correlación positiva ($p < 0.05$) entre CC y PC. Es decir, a mayor contenido celular, mayor digestibilidad.

Cuadro 4. Correlaciones significativas entre las variables determinadas de cuatro leguminosas del estado de Veracruz, México.

Correlaciones	r	Significancia
CEN vs. DIVMS	0.945	**
CEN vs. DISMS	0.904	**
CC vs. CEN	0.89	*
CC vs. DIVMS	0.938	**
CC vs. DISMS	0.936	**
PC vs. CC	0.703	*
PC vs. DISMS	0.707	*
DIVMS vs. PC	0.707	*
DISMS vs. DIVMS	0.974	**
FDA vs. CEL	0.992	**
PC vs. FDN	-0.703	*
FDN vs. DIVMS	-0.938	**
FDN vs. DISMS	-0.936	**
HEM vs. DISMS	-0.673	*

PC= proteína cruda; CEN= cenizas; CC= contenido celular; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; DIVMS= digestibilidad *in vitro* de la materia seca; DISMS= digestibilidad *in situ* de la materia seca; CEL= celulosa; HEM= hemicelulosa; r= coeficiente de correlación de Pearson. * = $p < 0.05$, ** = $p < 0.01$.

La PC estuvo correlacionada positivamente con CC y esta variable tuvo correlación positiva con la DIVMS y con la DISMS (Cuadro 4), por tanto, PC tuvo correlación positiva con las digestibilidades ($p < 0.05$). Es decir, a mayor proteína, hay mayor digestibilidad.

Como era de esperarse, la FDA estuvo correlacionada positivamente ($p < 0.05$) con CEL (Cuadro 4). Esto se debe a que la celulosa es componente de la pared celular (FDN). La FDN resultó negativamente correlacionada ($p < 0.05$) con PC y las digestibilidades ($p < 0.05$). En concordancia, García-Ferrer *et al.* (2015) encontraron una correlación negativa ($p < 0.01$) entre FDN y DISMS. Así también, en este estudio, HEM (componente de la FDN) resultó ($p < 0.05$) negativamente correlacionada con la DISMS (Cuadro 4). Es decir, a mayor contenido de las variables de la fibra, menor proteína y menor digestibilidad.

Estas correlaciones negativas indican que al ser alta la fracción fibrosa de la planta, ya sea por su mayor edad, por diferencias ambientales (Castaño y Cardona, 2015) o por razones genéticas, aumentan sus componentes fibrosos y disminuyen sus contenidos celulares. Los dos primeros factores se excluyen, ya que las cuatro leguminosas tenían la misma edad al corte y fueron afectadas por los mismos factores ambientales. Como la fibra es parcialmente soluble y el contenido celular es altamente soluble (NRC, 2001), se deduce que disminuye la digestibilidad porque aumenta la fracción fibrosa de la leguminosa.

Conclusiones

Las cuatro leguminosas presentaron un porcentaje de proteína cruda aceptable; sin embargo, *Arachis pintoi* y *Clitoria ternatea* presentaron los niveles más elevados. También *A. pintoi* presentó los niveles más bajos de fibra detergente neutro, fibra detergente ácido, hemicelulosa y lignina, así como los niveles más elevados de contenido celular y digestibilidad, siendo en ese sentido la especie con mejor valor nutricional. Si las variables fibra detergente neutro, celulosa y hemicelulosa, aumentan, disminuyen las digestibilidades *in vitro* e *in situ*. Contrariamente, si la proteína cruda y el contenido celular aumentan, las digestibilidades aumentan.

Literatura citada

- Alatorre-Hernández, A.; Guerrero-Rodríguez, J de D.; Olvera-Hernández, J. I. y Aceves-Ruíz, E. 2018. Productividad, características fisicoquímicas y digestibilidad *in vitro* de leguminosas forrajeras en trópico seco de México. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 9(2):296-315.
- AOAC. 1990. *Methods of analysis of the association of official analytical chemists*. 15th (Ed.). Arlington, VA: Association of Official Analytical Chemists. 771 p.
- Bugarín, J.; Lemus, C.; Sangines, L.; Aguirre, J.; Ramos, A.; Soca, M. y Arece, J. 2009. Evaluación de dos especies de *Leucaena*, asociadas a *Brachiaria brizantha* y *Clitoria ternatea* en un sistema silvopastoril de Nayarit, México: II. Producción y composición bromatológica de la biomasa. *Pastos y Forrajes*. 32(4):1-9.
- Burger, J. A. and Zipper, C. E. 2018. How to restore forests on surface-mined land, Virginia Cooperative Extension, publication 460-123. <http://www.realinstitutoelcano.org/wps/portal/rielcano/contenido?wcm.global-context=/elcano/elcano.es/zonas-es/ari4-2012>.
- Camacho-García, J. L. y García-Muñiz, J. G. 2003. Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto ovillo. *Veterinaria México*. 34(2):149-177.
- Castaño, G. y Cardona, J. 2015. Engorde de conejos alimentados con *Tithonia diversifolia*, *Trichanthera gigantea* y *Arachis pintoi*. 2015. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*. 18(1):147-154.
- Castrejón, P. F. A.; Corona, G. L.; Rosales, M. R.; Martínez, P. P.; Lorenzana, M. A. V.; Arzate, V. L. G. 2017. Características nutrimentales de gramíneas, leguminosas y algunas arbóreas forrajeras del trópico mexicano: fracciones de proteína (A, B1, B2, B3 y C), carbohidratos y digestibilidad *in vitro*. 1^a (Ed.). México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (UNAM). 172 p.
- Clúa, J.; Roda, C.; Zanetti, M. E. and Blanco, F. A. 2018. Compatibility between legumes and rhizobia for the establishment of a successful nitrogen-fixing symbiosis. *Genes*. 9(125):1-21.
- Estrada, M. M.; Sotelo, M. D. P.; Maza, O. R. E. y Cruz, T. J. A. 2019. Uso de suplementos para bovinos productores de carne en pastoreo en el trópico de México. *Rev. Latinoam. Educación y Estudios Interculturales*. 3(3):91-99.
- García-Ferrer, L.; Bolaños-Aguilar, E. D.; Ramos-Juárez, J.; Arce, M. O. y Lagunes-Espinoza, L. C. 2015. Rendimiento y valor nutritivo de leguminosas forrajeras en dos épocas del año y cuatro edades de rebrote. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 6(4):453-468.

- Giraldo, L. A.; Gutiérrez, L. A. y Rúa, C. 2007. Comparación de dos técnicas *in vitro* e *in situ* para estimar la digestibilidad verdadera en varios forrajes tropicales. *Rev. Colomb. Cienc. Pec.* 20:269-279.
- Hernández, T.; Valles, B. y Castillo, E. 1990. Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en Veracruz, México. *Pasturas Tropicales.* 12(3):29-33.
- INEGI. 2009. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Medellín, Veracruz de Ignacio de la Llave. <http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos-geograficos/30/30181.pdf>.
- Jusoh, S. and Nur-Hafifah, C. S. 2018. Nutritive value, palatability and selectivity of 10 different legume herbage by rabbits. *Malaysian. J. Animal Sci.* 21(2):69-75.
- Kavana, P. Y.; Kizima, J. B.; Msanga, Y. N.; Kilongozi, N. B.; Msangi, B., S. J.; Kadeng'uka, L. A.; Mngulo S. and Shimba, P. K. 2005. Potential of pasture and forage for ruminant production in Eastern zone of Tanzania. *Livestock Research for Rural Development.* <http://www.lrrd.org/lrrd17/12/kava17144.htm>.
- Lagunes-Rivera, S. A.; Guerrero-Rodríguez, J. D.; Hernández-Vélez, J. O.; Ramírez-González, J. J. M.; García-Bonilla, D. V. y Alatorre-Hernández, A. 2019. Rendimiento de materia seca y valor nutritivo de cuatro leguminosas herbáceas en la zona tropical de Hueytamalco, Puebla, México. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 10(4):1042-1053.
- La O., O.; Chongo, B.; Delgado, D.; Ruiz, T. y Ruiz, O. 2006. Fraccionamiento proteico y digestión ruminal de nutrientes de siratro (*Macroptilium atropurpureum*). *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 40(3):315-320.
- Oyekunle, T.; Okukenu, O.; Dele, P.; Aderinboye, O.; Olajide, A.; Ogunrombi, O.; Jolaosho, A. and Adekale, A. 2018. Proximate and fiber composition of *Pennisetum purpureum* varieties in *Stylosanthes guianensis* mixed sward fertilized with two manure types. *The Pacific J. Sci. Technol.* <http://www.akamaiuniversity.us/PJST.htm>.
- Navarro-Ortiz, C. A. y Roa-Vega, M. L. 2018. Comparación de la digestibilidad de tres especies forrajeras estimada mediante diferentes técnicas. *Orinoquia.* 22(1):15-33.
- NRC. 2001. National Research Council. *Nutrient Requirements of Cattle.* 7th (Ed.). National Academy Press, Washington, DC. 405 p.
- Piñeiro-Vázquez, A. T.; Canul-Solis, J. R.; Casanova-Lugo, F.; Chay-Canul, A. J.; Ayala-Burgos, A. J.; Solorio-Sánchez, F. J.; Aguilar-Pérez, C. F. y Ku-Vera, J. C. 2017. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 8(2):111-119.
- Rincón, C. A.; Cuesta, M. P.; Pérez, S. R.; Lascano, C. E. y Ferguson, J. 1992. Maní forrajero perenne (*Arachis pintoi*; Krapovickas y Gregory): Una alternativa para ganaderos y agricultores. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Boletín técnico ICA No. 219. 23 p.
- Sahay, G.; Saxena, P.; Ahmed, S.; Singh, T. and Nayak, S. 2016. Role of genetic resources of forages in the present changing climatic scenario. In: J. K. Bisht, V. Meena, P. Mishra, A. Pattanayak. (Eds.). *Conservation Agriculture.* <https://www.researchgate.net/publication/311418457-Conservation-Agriculture-and-Climate-Change-An-Overview>.
- Singh, T.; Ramakrishnan, S.; Mahanta, S. K.; Tyagi, V. C. and Roy, A. K. 2018. Tropical forage legumes in India: status and scope for sustaining livestock production. In: Ricardo Loiola Edvan and Edson Mauro Santos (Eds.). *Forage Groups.* <https://www.intechopen.com/books/forage-groups/tropical-forage-legumes-in-india-status-and-scope-for-sustaining-livestock-production>.

- Solati, Z.; Jørgensen, U.; Eriksen, J. and Søgaard, K. 2017. Dry matter yield, chemical composition and estimated extractable protein of legume and grass species during the spring growth. *J. Sci. Food Agric.* 97:3958-3966. DOI:10.1002/jsfa.8258.
- Sotelo, M. A.; Contreras, M. C.; Norabuena, M. E.; Carrión, C. G.; Reátegui, Q. V. and Castañeda, R. 2018. Uso de la harina de maní forrajero (*Arachis pinto* Krapov & WC Greg) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus* L). *Rev. de Investigaciones Veterinarias del Perú.* 29(4): 1249-1258.
- SPSS. 2011. Statistical Package for the Social Sciences. Institute. SPSS-X. User's Guide. Version 8, Chicago IL. USA.
- Valles-de la Mora, B.; Castillo-Gallegos, E.; Alonso-Díaz, M. A.; Ocaña-Zavaleta, E. and Jarillo-Rodríguez, J. 2017. Live-weight gains of Holstein×Zebu heifers grazing a *Cratylia argentea*/Toledo-grass (*Brachiaria brizantha*) association in the Mexican humid tropics. *Agroforestry Systems.* 91:1057-1068. DOI: 10.1007/s10457-016-9980-5.
- Van Soest, J. P. 1994. Nitrogen metabolism. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd (Ed.). Ithaca, NY. Cornell University Press. Comstock Publishing Associates. 290-311 pp.