

POTENCIAL FORRAJERO DEL TEOCINTLE ANUAL (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz)

FODDER POTENTIAL FOR ANNUAL TEOSINTE (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz)

Benavides-González Álvaro¹, Morán-Centeno Juan Carlos², Cisne-Contreras José¹, García Mendieta Diego³, Martínez Canales Daniel³, Rocha Molina Lester⁴, Mendieta-Araica Bryan⁵.

¹Docentes investigadores de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua, km 12 ½ Carretera Norte. E-mail: alvaro.benavides@una.edu.ni Teléfono (505) 2263-2609, Ext. 377

²Graduado Maestría en Agroecología

³Graduados Ingeniería en Zootecnia

⁴PhD Biología, UNAN-Managua

⁵PhD Ciencia Animal, Facultad de Ciencia Animal, UNA



RESUMEN

El teocintle anual (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz) es una especie silvestre endémica de la Reserva de Recursos Genéticos de Apacunca (RRGA) en el nor-oeste de Nicaragua. Está emparentado con el maíz y tiene un alto potencial forrajero. En el estudio se evaluaron momentos de cortes en el teocintle, y relacionados con maíz (*Zea mays* L.) y sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*). La degradabilidad de materia seca en bovinos fistulados de la raza Reyna fue determinada con la metodología de Orskov y McDonald (1979), así como análisis de varianza y categorización estadística (LSD, $\alpha=0.05$). Los valores de análisis proximal fueron mayores en cortes realizados en los meses de junio y julio, y la materia seca en el teocintle fue menor al sorgo forrajero y maíz. El teocintle mostró valores similares de fibra al maíz y mayores al sorgo. La mayor tasa de degradación ruminal se da durante las primeras 24h.

Palabras clave: Teocintle anual, *Zea nicaraguensis*, análisis proximal, degradación ruminal.

ABSTRACT

The annual teosinte (*Zeanicaraguensis* Iltis & Benz) is a wild species endemic to the Reserve Apacunca Genetic Resources (RRGA) in northwestern Nicaragua. He is related to corn and forage potential is high. The study evaluated moments of cuts in teosinte, and related maize (*Zea mays* L.) and forage sorghum (*Sorghum vulgare*). The degradability of dry matter in fistulated cattle breed Reyna was determined with the methodology of Orskov and McDonald (1979), as well as analysis of variance and statistical categorization (LSD, $\alpha = 0.05$). The proximate analysis values were higher in cuts made in the months of June and July, and the dry matter was lower in teosinte and maize to sorghum forage. Teosinte fiber showed similar values for corn and sorghum older. The higher rate of ruminal degradation occurs during the first 24h.

Keywords: annual teosinte, *Zea nicaraguensis*, proximate analysis, ruminal degradation.

El teocintle (*Z. nicaraguensis* Iltis & Benz) es nativo de la costa del Pacífico Norte de Nicaragua. Es una especie diploide, crece silvestre entre 0 y 10 msnm y en áreas inundadas en su etapa de crecimiento, presenta tallos basales fuertes y prominentes raíces de soporte. Existe en la comunidad de Apacunca (12o 53' 45", 86o 59' 00") de forma natural dentro de una propiedad privada, esto la condiciona cada año, debido al pastoreo del ganado, quema del pasto y condiciones ambientales (Benavides *et al.*, 2010).

El teocintle posee un alto potencial tanto genético como forrajero; sin embargo la información existente acerca de la calidad nutricional es muy limitada. La mayor parte de los trabajos relacionados al teocintle están enfocados en caracterización, evolución y mejoramiento del maíz cultivado; pero existe poca información relacionada con el comportamiento bajo condiciones de manejo y la calidad nutricional como forraje.

Salinas y Villegas (1982), en estimaciones de vástago de la especie *Z. perennis* (hitch) reporta 24.7 toneladas de peso seco por hectárea con fertilización nitrogenada. Duncan (1975), planteó que entre el 85 y 90% del peso seco de la planta es material orgánico derivado del proceso fotosintético, siendo el producto inicial azúcar y almidón. Estas sustancias son producidas por las partes verdes de la planta, dándose la mayor parte del proceso en las hojas, posteriormente se transportan al resto de los órganos de la planta como son las raíces, meristemos y tejido de reserva (Ray, 1980).

MATERIALES Y MÉTODOS

Dentro de las acciones de conservación de las especies es fundamental realizar estudios sobre el potencial forrajero. La presente investigación del período abril-septiembre del 2011, se dividió en dos fases: a). Evaluación de diferentes momentos de cortes y b). Determinación de la proporción digestible de la materia seca en ganado mayor. Para ello se utilizó material genético procedente de la Reserva de Recursos Genéticos de Apacunca (RRGA), colectado en el año 2009. Se estableció un área de siembra de 400 m² a una distancia de un metro entre surco y 0.8 m entre planta. Actualmente se encuentra como una población aislada en el campo experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el kilómetro 12.5 carretera norte (12.08°, 86.10°).

Para los cortes se seleccionaron diferentes parcelas con las combinaciones siguientes: SM*Sf= Sin maleza (0% enhierbado) y sin fertilización, CM*Sf= Con maleza (100% enhierbado) y sin fertilización; CM*CF= Con maleza (100% enhierbado) y con fertilización, SM*CF= sin malezas (0% enhierbado) y con fertilización. Los tratamientos conformados se presentan en la tabla 1.

Los resultados obtenidos de las parcelas seleccionadas fueron objeto de un modelo estadístico apropiado, aislando algunas fuentes de variación. Se empleó la metodología propuesta por Jiménez *et al.*, (2001), en donde los tratamientos consistieron en tres momentos de cortes (segunda semana de cada mes), seleccionados en base a la fenología de la especie; de igual manera, se empleó un manejo con fertilización y sin fertilización. Los cortes se realizaron a una altura de 10 cm, considerando el inicio y finalización de la fase de crecimiento vegetativo.

Tabla 1. Distribución de los tratamientos en los diferentes momentos de corte de acuerdo a la fenología del teocintle anual (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz)

Momentos de Cortes	Tratamientos/fecha				Etapa fenológica
	SM*Sf	CM*Sf	CM*CF	SM*CF	Descripción
1	Junio	Junio	Junio	Junio	Inicio del crecimiento vegetativo
2		Junio	Julio	Julio	Desarrollo vegetativo
3			Agosto	Agosto	Inicio de floración

SM*Sf= Sin maleza (0% enhierbado) y sin fertilización

CM*Sf= Con maleza (100% enhierbado) y sin fertilización

CM*CF= Con maleza (100% enhierbado) y con fertilización

SM*CF= Sin malezas (0% enhierbado) y con fertilización

Se estableció un área de 40 m² con maíz var. NB-6 y sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*) y comparados con el teocintle. Las variables utilizadas fueron materia seca, fibra total y proteína total. El corte de las especies se efectuó a los 80 días después de la siembra y enviada a laboratorio.

La tasa de degradación de materia seca fue modelada mediante la ecuación de Orskov y McDonald (1979):

$$Y = a + b(1 - e^{-ct})$$

Donde:

Y: Degradación del material después de t horas, %.

a: Fracción rápidamente soluble.

b: Fracción degradable, % (se degrada lentamente).

a+b: Degradabilidad potencial (%).

e: Base de los logaritmos neperianos.

c: Tasa fraccional de degradación (h⁻¹)

t: tiempo de incubación ruminal en horas

Se tomó una muestra de teocintle de 105 días de edad al corte, misma que picada y homogenizada para poder secarla en un horno de circulación de aire forzado a 60° C durante tres días, después del secado el material fue molido en partículas de 1 mm. Para el estudio de degradabilidad se utilizaron dos vacas fistuladas de la raza Reyna de ocho años de edad que fueron sometidas a 15 días de periodo de adaptación consumiendo una dieta base de *Pennisetum purpureum* cv. Taiwan y agua *ad libitum*.

Para la fermentación ruminal se utilizaron bolsas de nylon PSE 28/17 con tamaño de poros de 28 micras y área abierta de 17%. Las bolsas tenían un tamaño exterior de 120 x 60 mm e interior de 100 x 50 mm, cosidas con hilo de poliéster y los agujeros de la aguja (los puntos) sellados con pegamento Bostic 1782. Los tiempos de incubación (0, 0.5, 1, 3, 6, 9, 12, 24, 48, 72, 96 horas) fueron considerados los tratamientos, es decir 11 tratamientos por 2 vacas por 4 réplicas por tiempo de incubación para un total de 88 réplicas.

Tabla 2. Análisis proximal del teocintle anual (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz), basado en la distribución de los tratamientos en diferentes momentos de corte Laboratorio de Bromatología, UNA

Variables	Materia seca	Proteína bruta	Fibra total
SFSM	13.46 a	9.78 bc	35.06 b
CFSM	12.68 b	11.02 b	34.99 b
SFCM	12.04 c	8.61 c	36.28 b
CFCM	11.05 d	14.76 a	39.63 a
Junio	12.21 b	15.66 a	35.79 a
Julio	14.48 a	9.36 b	37.27 a
Agosto	11.27 c	9.39 b	36.48 a
IC	12.45 ± 1.21	11.22 ± 2.82	36.5 ± 1.59

SF*SM= Sin fertilizar y Sin malezas (0% enhierbado)

CF*SM= Con fertilización y Sin malezas (0% enhierbado)

SF*CM= Sin fertilización y Con maleza (100% enhierbado)

CF*CM= Con fertilización y Con Malezas (100% enhierbado)

IC= Intervalo de confianza (Media ± Desviación Estándar)

En cada bolsa se introdujo 12 gramos de material molido y las mismas se sujetaron a un tubo de PVC y se introdujeron en el rumen, permitiéndoles mediante una línea de nylon que flotaran libremente en el rumen, luego de cada tiempo de fermentación las bolsas de nylon se retiraban del rumen y se lavaban con agua fría a fin de cortar la fermentación, el material era secado y sometido a análisis de laboratorio.

Para el cálculo de la degradación, la Materia Seca (MS) se determinó mediante procedimientos de AOAC (1990) tanto antes de la fermentación ruminal como después de cada tiempo de fermentación, la diferencia entre la MS inicial y la final dividida por la MS inicial y multiplicada por 100 indicó el porcentaje de degradación a cada tiempo de incubación.

El ajuste de las curvas de degradabilidad se realizó por medio de modelos no lineales asumiendo que las curvas de degradación de ambas vacas eran iguales. Los coeficientes iniciales del modelo fueron estimados por prueba y error; después del ajuste de los modelos se realizó análisis de residuales para detectar heterocedasticidad y no normalidad y pruebas conexas tales como las pruebas de Fligner y Shapiro.

Para conocer el efecto del tiempo sobre la tasa de degradabilidad se realizó análisis de varianza, después del ajuste del modelo se siguió el mismo procedimiento que para los modelos no lineales. Para el caso del ajuste en los modelos de la degradabilidad de MS (modelos no lineales) se utilizó una matriz robusta de varianza-covarianza (estimador sándwich) y los datos fueron transformados por el método Box-Cox (modelos lineales).

Para conocer las diferencias entre los diferentes tiempos de incubación se utilizó la prueba honesta de Tukey. Todos los análisis fueron realizados en el paquete estadístico R (R Development Core Team, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Uno de los principales problemas en la explotación ganadera es el bajo rendimiento que logran las especies de pasto, provocadas fundamentalmente por las variaciones climáticas y por el manejo, lo que hace que las especies tengan un marcado desbalance en la producción de biomasa y la calidad del mismo (Crespo *et al.*, 1981). Por otro lado, la cantidad de materia seca aumenta, conforme avanza la etapa fenológica de la especie (Jiménez *et al.*, 2001).

Los mayores resultados de materia seca ocurrieron en el mes de julio, en las áreas limpias y sin fertilización. En el caso de la fibra los valores superaron el 30% en los cortes, siendo el tratamiento fertilizado y con malezas (100% enhierbado), los de mayores porcentajes. Jiménez *et al.*, (2001), obtuvieron valores muy

similares en estudios realizados en *Z. diploperennis*, de 8 a 13.6% en materia seca y 22.4 a 33.7% en fibra, dichos autores mencionan que la fibra aumentó según avanza la fenología del cultivo, y la cantidad de proteína total osciló de 8.61 a 14.76%, y las áreas fertilizadas y con malezas mostraron mayores porcentaje en el mes de junio (tabla 2).

Al comparar los valores promedios del teocintle, la materia seca fue menor al maíz y sorgo forrajero (tabla 3). Jiménez *et al.*, (2009), reporta resultados inferiores en estudios realizados en maíz forrajero (6.9%). De acuerdo a Ashbell y Weinberg (1999), especies de teocintle pueden ser utilizadas para ensilaje, y ser aprovechado mejor por el sistema ruminal, una vez consumido por los animales.

Tabla 3. Análisis proximal de tres especies de Poaceae, utilizada como forraje en la alimentación animal. Laboratorio de Bromatología, UNA

Variables	Materia seca	Proteína bruta	Fibra total
Maíz	12.00 b	16.61 b	33.06 a
Sorgo Forrajero	15.55 a	10.82 c	31.33 b
Teocintle	7.70 c	17.19 a	33.92 a
IC	11.73 ± 3.51	14.87 ± 3.21	32.77 ± 1.19

IC= Intervalo de confianza (Media ± Desviación Estándar)

La cantidad de proteína y fibra total del teocintle superó al sorgo forrajero y fue similar al maíz, estos resultados coincidieron con los de Jiménez *et al.*, (2001), en *Z. diploperennis* (20.6%). Loáisiga (2011), en estudios de fruto en *Z. nicaraguensis*, reporta contenidos de proteína superiores al maíz cultivado y *Z. perennis*. Asimismo reporta mayor cantidad de aspartato (7.5%), serina, (6.7%), ácidoglutámico (28.1%), alanina (10.8%), valina (5.8%), metionina (3.0%), isoleucina (4.9%), leucina (20.3%) y fenilalanina (6.6%), todos ellos son indispensable para los humanos y aquellos animales no rumiantes.

La ecuación de degradación de la MS para el teocintle fue $Y = 2.44 + 23.35 (1 - \exp^{-0.0261 * \text{tiempo}})$, lo que indica una fracción soluble de 2.44% (a), fracción insoluble pero potencialmente degradable de 23.35% (b), una tasa de degradación de la fracción potencialmente degradada estimada de 2.61%*hora (c) y la fracción no degradable $[100 - (2.44 + 23.35)]$ de 74.05%.

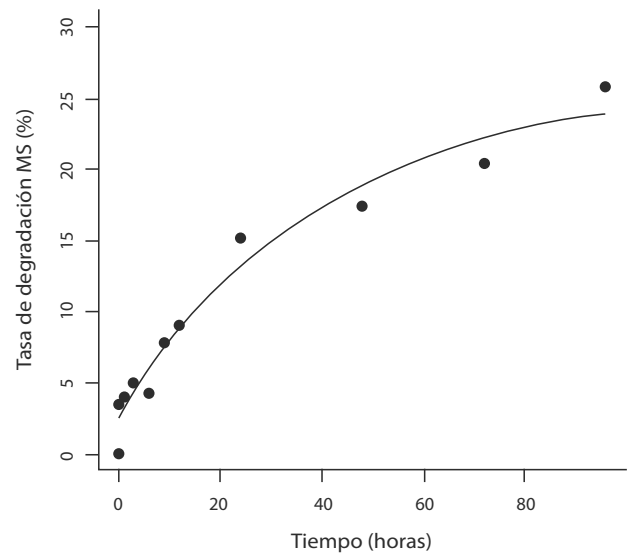


Figura 1. Degradación ruminal de la materia seca del teocintle (*Zea nicaraguensis* ILTIS & BENZ). Valores observados y estimados a partir del modelo matemático de Orskov & McDonald.

En la curva de degradación (figura 1) puede observarse una rápida degradación durante las primeras 24 h, luego hay un punto de inflexión de la misma, donde la degradación potencial por hora se reduce, hasta alcanzar su pico de degradación a las 96 horas. Esta curva se comporta de acuerdo a lo esperado en un material con valores de más de 30% de fibra bruta, como se aprecia en las tablas 2 y 3 y sus valores están muy por debajo de materiales similares como *Zea mays*, su familiar más cercano con un 74.65% de Degradabilidad Potencial (Boschini y Amador, 2001), *Hyparrhenia rufa* con un 71.75%, *Brachiaria brizantha* con un 89.12% (Estrada, 1997) y *Panicum maximum* con 73,72% (Razz, *et al.*, 2004).

Boschini y Amador (2001), en estudios realizados en maíz, reportan que la fracción degradable del tallo bajó de 55 a 43% durante los primeros 90 días, y la tasa de degradación fue superior al 5%. Estos resultados son superiores a los obtenidos en el teocintle, con valores de degradabilidad potencial (c) de 40.61% y una tasa constante de degradación (b) inferior en un 50% al maíz. En la figura 1, se presenta la cinética de degradación ruminal del teocintle a través de los tiempos de incubación.

La degradabilidad de materia seca en los forrajes está determinada por diversos factores como la edad, cantidad y tipo de alimento consumido, el animal fistulado que sirve como modelo, así como los períodos de incubación ruminal (Singh *et al.*, 1989). Los bajos porcentajes de degradabilidad de MS, encontrados en este estudio pueden estar relacionados con el aumento de la concentración de los constituyentes estructurales de la pared celular con el avance de la edad. Estos cambios químicos y estructurales tienen un impacto negativo debido a que disminuyen la accesibilidad de los microorganismos ruminales a los carbohidratos de las paredes celulares, como resultado afecta la capacidad de degradación microbiana ruminal del forraje.

En vista a la importancia mundial que representa el teocintle, es necesario continuar estudios para generar mayor información. El teocintle tiene características muy

particulares de tallo, hojas e inflorescencia. Debido al follaje exuberante es recomendable realizar estudios de fertilización, densidades, edad de corte y pruebas de ensilaje para determinar su calidad y aceptación por parte de los animales al momento de ser suministrado.

CONCLUSIONES

Los mayores valores de materia seca y proteína total en el teocintle se obtuvieron durante los meses de junio y julio, pero inferiores al sorgo y maíz. El teocintle es una planta que representa un alto potencial forrajero, ya que la proteína fue superior a las poaceas evaluadas.

La máxima tasa de degradación ruminal se da durante las primeras 24 h para una tasa de degradación potencial a las 96 horas de 24.06%.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AOAC.1990. Official Methods of Analysis Association of Official Analytical Chemists, 15 thed, Washington, D.C.1213p
- Ashbell G, Weinberg, Z. 1999. Ensilaje de cereales y cultivos forrajeros en el trópico.111-120 pp. In: Benavides G, A.N.; Cisne, J.D; Querol L, D. 2010. INFORME PRELIMINAR DPR: Rescate, conservación y manejo sostenible del teocintle de Nicaragua (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz) en la Reserva de Recursos Genéticos de Apacunca (RRGAA). Managua, NI. 96 p.
- Benavides G, A; Cisne, JD; Querol L, D. 2010. INFORME PRELIMINAR DPR: Rescate, conservación y manejo sostenible del teocintle de Nicaragua (*Zea nicaraguensis* Iltis & Benz) en la Reserva de Recursos Genéticos de Apacunca (RRGAA). Managua, NI. 96 p.
- Boschini C, A; Amador, L. 2001. Degradabilidad ruminal de la planta de maíz forrajero en diferentes edades de crecimiento. *Agronomía Mesoamericana* 12(1): 89-93.
- Crespo, G; Ramos, N; Suarez, JJ; Herrera, RS; González, SL. 1981. Producción y calidad de pasto. *Rv cubana ciencia. Agropecuaria.* 15 (2): 211-225 p.
- Duncan, WG. 1975. Maize. In *Crop Physiology: Some case histories*. Ed. L.T. Evans. Cambridge University Press. London, Great Britain, P. 23-50.
- Estrada X. 1997. Efecto de la sustitución del King Grass (*Pennisetum purpureum** *Pennisetum typhoides*) por Morera (*Morus sp*) sobre los parámetros de degradación y fermentación ruminal de cuatro forrajes de calidad contrastante. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Programa de enseñanza para el desarrollo y la conservación. Escuela de Post Grado. Turrialba, Costa Rica. Pág. 74. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0475E/A0475E.PDF>
- Jimenez-Gómez, RG; García-Moya, E; Peña, B. 2001. Producción de forraje *in situ* del teocintle perene *Zea diploperennis* Iltis, Doebley y Guzman. *Tecnica pecuária.* 39(2): 153-162.
- Jimenez Castillo, M; Rojas-Bourrillo, A; Wingching-Jones, R. 2009. Valor nutricional del ensilaje de maíz cultivado en asocio con *Vigna (Vigna radiata)*. *Agronomía costarricense.* 33(1): 133-146.
- Loáisiga, CH. 2011. Cytogenetics, genetic diversity and phylogenetics of wild *Zea* species, with emphasis on *Zeanicaraguensis*. Cytogenetics, genetic diversity and phylogenetics of wild *Zea* species, with emphasis on *Zea nicaraguensis*. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences Alnarp.53 p.
- Orskov, ER; Mc Donald, I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to the rate of passage. *Journal of agricultural science.* 92: 499-503.
- R Development Core Team, 2011 R: A language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, <http://www.R-proyect.org/>.
- Ray, PM. 1980. La planta Viviente. 1a. Edición. Traducida por el Dr. Raúl J, Blaisten. Editorial CECSA, Mexico. 272 p.
- Razz R, Clavero T, Vergara J. Cinética de degradación *in situ* de la *Leucaena leucocephala* y *Panicum maximum*. *Revista Científica en línea*, 2004, fecha de consulta: 14 de febrero de 2012. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=95914507>>ISSN0798-2259
- Salinas-Villega, J. 1982. Evaluación de la digestibilidad *in vitro* del forraje de *Z. perennis*. Tesis Maestría. Chapingo, México; Colégio de pós-graduado.
- SAS Institute Inc. 2008.SAS/STAT® 9.2. User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. Copyright © 2008, SAS Institute Inc., Cary, NC. 69 p.
- Singh B, H; Makkar, P; Negi, S. 1989. Rate and extend of digestion and Potentially Digestible Dry Matter and cell wall of various trees leaves. *Journal, DairyScience.* 72: 3233-3239.