

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MAESTRIA EN CIENCIA ANIMAL  
EN PRODUCCION DE BOVINOS DE LECHE



DETERMINACIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL Y ANALISIS SENSORIAL  
DEL ENSILADO DE *Sorghum vulgare* y *Tithonia diversifolia*

SERGIO AMILCAR DAVILA HIDALGO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MAESTRIA EN CIENCIA ANIMAL  
EN PRODUCCION DE BOVINOS DE LECHE



DETERMINACIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL Y ANALISIS SENSORIAL DEL  
ENSILADO DE *Sorghum vulgare* y *Tithonia diversifolia*

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
MAESTRIA EN CIENCIA ANIMAL



DETERMINACIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL Y ANALISIS SENSORIAL DEL  
ENSILADO DE *Sorghum vulgare* y *Tithonia diversifolia*

SERGIO AMILCAR DAVILA HIDALGO

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

DETERMINACIÓN DEL VALOR NUTRICIONAL Y ANALISIS SENSORIAL DEL  
ENSILADO DE *Sorghum vulgare* y *Tithonia diversifolia*

TESIS

Presentada al comité evaluador de Tesis de la Escuela de Estudios de Postgrado en cumplimiento con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de Postgrado y la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala

**POR**

Licenciado zootecnista Sergio Amílcar Dávila Hidalgo

Como requisito para optar al grado académico de

**Maestro en Ciencias**

## DEDICATORIA

<b>A DIOS</b>	Todopoderoso.
<b>A MIS PADRES</b>	Rosa Angelina Hidalgo, por su amor y apoyo incondicional en mi vida. Augusto Dávila (QPD).
<b>A MIS HIJAS</b>	Marcela y Mariela, con amor y ejemplo.
<b>A MIS HERMANOS</b>	Sandra, Carlos (QPD), Maco, Cesar, y Zoila.
<b>A MIS COLEGAS</b>	Profesionales de la facultad, por su colaboración.
<b>A LOS PROFESIONALES</b>	Carlos Saavedra, Dennis Guerra, Manuel Lepe, y todos profesores que colaboraron en el estudio.
<b>A LOS TECNICOS DE LABORATORIO DE BROMATOLOGIA</b>	Que apoyaron la investigación.
<b>A MIS COMPAÑEROS DE MAESTRIA</b>	Edgar, Tono, Luis, y Blanca.
<b>A MIS PROFESORES</b>	Por sus enseñanzas.
<b>A LA ESCUELA DE POSTGRADO</b>	Especialmente a Ligia Ríos, por su apoyo.

## INDICE

Resumen .....	1
Abstract .....	2
Introducción .....	3
Materiales y Métodos .....	4
Resultados y Discusión .....	6
Bibliografía .....	11

## **PRESENTACIÓN**

El presente trabajo de tesis titulado “Determinación del valor nutricional y análisis sensorial del ensilado de sorghum vulgare y tithonia diversifolia”, está publicado en la revista indexada REDVET, en formato de artículo científico, tal como lo establece el normativo de tesis de Maestría en Ciencias de la Escuela de Estudios de Postgrados, de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

TRABAJO PRESENTADO POR



---

Lic. Zoot. Sergio Amílcar Dávila Hidalgo  
AUTOR



---

M.Sc. Lic. Zoot. Carlos Enrique Saavedra Vélez  
TUTOR



---

M.A. Lic. Zoot. Ligia Vanessa Ríos de León  
DIRECTORA ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

IMPRIMASE:



---

M.Sc. Lic. Zoot. Carlos Enrique Saavedra Vélez  
DECANO

## **Determinación del valor nutricional y evaluación sensorial del ensilado de *Sorghum vulgare* y *Tithonia diversifolia*.**

Dávila-Hidalgo, A., Saavedra, C., Guerra-Centeno, D.

### **Resumen**

Se evaluaron las diferencias que presentaron tres mezclas de *Sorghum vulgare*(SV) y *Tithonia diversifolia*(TD) en proporciones de ensilado de 75/25, 50/50 y 25/75 respectivamente. Así también se evaluaron las opiniones de un grupo de 29 expertos respecto a la calidad de las tres mezclas. El experimento consistió en tres tratamientos con siete repeticiones cada una. Por medio de un ANOVA se buscaron diferencias entre los contenidos valores del análisis químico proximal. Los contenidos de nutrientes fueron diferentes en los tres tratamientos. Los resultados en términos de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas (Cen), fibra cruda (FC), extracto libre de nitrógeno (ELN) y total de nutrientes digestibles (TND) señalaron que el tratamiento con la proporción 75/25 posee los niveles de nutrientes para alimentación animal en comparación con las otras dos proporciones. La opinión de 29 expertos acerca de la calidad de las proporciones (Excelente, bueno regular y malo), señaló que cuando hay más cantidad de SV, mejor es la calidad del ensilado. Se deben continuar los esfuerzos para investigar la utilidad del ensilado de SV y TD debido a sus cualidades nutricionales, siendo una alternativa alimentaria para animales no rumiantes.

**Palabras claves:** botón de oro, árnica, sorgo forrajero, análisis proximal, bromatología.

**Abstract**

Three mixtures of *Sorghum vulgare* (SV) and *Tithonia diversifolia* (TD) in proportions of 25/75, 50/50 and 75/25 were ensiled and evaluated for differences in nutrient content after 40 days. Seven replicates were prepared for each mixture (treatment). At the end of the fermentation, silage samples were evaluated and graded by a panel of experts. Differences in crude protein (CP), crude fat (CF), ash content, crude fiber (CF), nitrogen-free extract (NFE) and total digestible nutrients (TDN) were evaluated by a one-way ANOVA. The opinions of experts about the silage samples were analyzed by a chi square test. The contents of the three mixtures were different. The mixture with the least proportion of TD had more acceptable nutrients for ruminant nutrition than the other two. The best qualified mixture by expert was also the mixture with least TD proportion. More research is needed to determine the possible benefits of SV-TD silages in animal nutrition.

**Keywords:** sunflower, sorghum, silage, food science.

## Introducción

La ganadería guatemalteca afronta el problema de disponer de alimento suficiente para la época seca (Guillén et al., 1998). Dicha estación presenta una duración de 4 a 6 meses donde el desarrollo de los forrajes es escaso (Conde-Álvarez, 2007). Esta situación puede comprometer la satisfacción de los requerimientos nutricionales de los animales en producción y en mantenimiento (Giner, 2011).

Los avances tecnológicos para afrontar el abastecimiento de alimento son variados, entre ellos la conservación en forma de ensilado (Ferrer, 2010). La técnica de ensilaje posee la ventaja de estar menos condicionada al clima que la henificación (Chaverra, 2000). El ensilado puede ser conservado por meses, y aun por años, siendo usado en cualquier momento, en especial durante la sequía (Jiménez y Morero, 2002). Se han empleado ensilados de maíz y sorgo por su elevado contenido energético, obteniendo valores nutricionales apropiados para el trópico (Mooi, 1991). Es necesario realizar investigación acerca de diferentes formas de conservar forrajes, especialmente de plantas nativas de Guatemala, cuya capacidad de cumplir con las exigencias de alta productividad nutricional en rumiantes se desconoce (Groot, Keulen & Oosting, 2010; Wong, 2001).

El sorgo forrajero *Sorghum vulgare* (SV) es una especie de alto rendimiento por unidad de área y con valores energéticos elevados (Amador & Boschini, 2000; Boschini, 2003). Por otro lado, una de las especies forrajeras mesoamericanas que ha tomado interés es el botón de oro, *Tithonia diversifolia* (TD), planta de la familia de las asteráceas con valor proteico considerable (Chay et al. 2006; Van Sao & Van Binh, 2010). Woolford (1984) señala que es posible realizar ensilaje mezclando plantas ricas en proteína con forrajes de alto contenido en azúcares. La TD es una fuente de proteína en mezclas de ensilado, en donde el SV aporta carbohidratos necesarios para garantizar la fermentación láctica del ensilado (Castro, 2004).

Con el propósito de determinar la utilidad nutricional de un ensilado de SV y TD, se evaluaron tres tratamientos con diferentes proporciones. Además, se describe la opinión de un grupo de expertos, sobre las características sensoriales de los ensilados.

## **Metodología**

### **Obtención de materiales forrajeros**

El cultivo de *SV* se obtuvo de la finca Santa Teresita, en la aldea Nancinta, Chiquimulilla, Santa Rosa, la cual se encuentra a 900 m.s.n.m., con temperaturas promedio de 18 a 28 grados centígrados, precipitaciones de 1552 m.s.n.m, y una zona de vida de bosque muy húmedo subtropical (Holdridge, 1967). El cultivo de sorgo fue fertilizado con 150 kg/N/ha, siendo cosechado y picado cuando la panoja se encontró en estado masoso lechoso a los 70 días. Se obtuvo un total de 52.50 kilogramos de *SV*, con una altura promedio al corte de 1.5 metros.

El cultivo de *TD*, se cosechó en la granja experimental de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, localizada en el campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala, a 1552 m.s.n.m., con temperaturas de 14 a 26 grados centígrados, precipitaciones de 1250 mm anuales, y una zona de vida de bosque húmedo sub tropical templado (Holdridge, 1967). De este cultivo se utilizó la hoja y el peciolo de la planta, utilizando 52.50 kilogramos.

### **Diseño experimental y tratamientos**

Para evaluar el valor nutricional de los ensilados en los tratamientos se utilizó un diseño completamente al azar con 3 tratamientos y 7 repeticiones (Díaz, 2009). Los tratamientos de *SV* y *TD* fueron mezclados respectivamente en tres proporciones: T1) 75/25, T2) 50/50, y T3) 25/75.

### **Proceso de ensilado**

Los dos materiales fueron picados antes de hacer las mezclas uniformizando las partículas aproximadamente a 6.5 centímetros. Para elaborar las mezclas de acuerdo a los tratamientos propuestos se pesó el material verde y se mezcló homogéneamente, introduciéndolo en frascos de vidrio con capacidad de 2.5 kg (microsilos), limpios y desinfectados, compactando el material hasta dejar un espacio mínimo para utilizar una vela encendida para consumir el oxígeno del recipiente (Meneses, et al. 2007). Se sellaron los frascos para propiciar el proceso anaeróbico. Los microsilos se forraron con plástico de polietileno negro para evitar efectos de la luz solar. Cada depósito fue identificado con número de tratamiento y repetición. El periodo de fermentación duró 40 días hasta la toma de muestra (Vargas, et al. 1981).

### **Medición de valor nutricional y sensorial**

Se tomó una muestra de 1 kilogramo de todas las repeticiones de los tratamientos y se envió al laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y

Zootecnia, para la medición de materia seca (MS), proteína cruda (PC), extracto etéreo (EE), cenizas (Cen), fibra cruda (FC), extracto libre de nitrógeno (ELN) y total de nutrientes digestibles (TND) (Gallego-Castro, Machena-Ledesma & Angulo, 2014). Se midió el pH de los ensilados para verificar que el nivel de acidez fuera el apropiado dentro de los valores de 3.8 a 5.0 (Merry, et al. 1997).

Para la evaluación sensorial se utilizó el sistema de calificación de calidad de ensilados propuesto por Betancourt, M., et al. 2005. Se midió la opinión de 29 expertos en ensilados, convocados del personal docente de la facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia USAC. Se presentó una muestra de 50 gramos de los ensilados, y una boleta donde cada individuo señaló si el tratamiento a su parecer era excelente con una calificación de (4), bueno (3), regular (2) y malo (1), basado en características sensoriales de olor, color, textura y grado de humedad.

#### **Análisis estadístico**

Para comparar el valor nutricional de los tratamientos se aplicó un análisis de varianza con un valor de error de 0.05, utilizando un Post-hoc de prueba de Tukey al 0.01. Para evaluar si la opinión de los expertos estuvo asociada con el tratamiento se utilizó una prueba de independencia de chi cuadrado, acerca de la calidad de los ensilados.

## Resultados y Discusión

Los tres tratamientos mostraron diferencias en su valor nutricional (Cuadro 1), siendo T1 considerado como la mejor opción para ser una alternativa en alimentación animal debido a sus niveles de ELN y TND. Durante la evaluación sensorial se le atribuyó al T1 una calidad de regular a excelente por parte de los expertos (Figura 1 y Cuadro 2). Ninguno de los participantes opinó que el T1 fuera de mala calidad, comparado con los otros tratamientos.

En términos de materia seca se evidenció diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos (F 42.62, GD 2, p=0.001). Se determinó que el T1 ( $\bar{x} = 30$ ) y T2( $\bar{x}= 27.10$ ) mostraron mayores diferencias en este valor (p=0.001). Se observó un mayor valor de materia seca en las mezclas con alta cantidad de SV ( $\bar{x}=30$ ), respecto al ensilado con mayor cantidad de TD ( $\bar{x}=25.87$ ).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, señala en diferentes estudios sobre la práctica del ensilado en países tropicales en desarrollo rangos de MS de 18 a 30% (Ashbell & Weinberg, 2001), siendo lo esperado valores cercanos a 30% (Aminah, et al. 2001). En el presente estudio el T1 es óptimo para el valor de MS, y los otros dos tratamientos pueden considerarse aceptables (Cuadro 1), debido a que el valor de MS no alcanzó el nivel bajo reportado por la FAO.

Cuadro1

Valor nutricional de los ensilados evaluados.

Variable	T1	T2	T3
<b>MS%</b>	$\bar{X}=30.00^c$ s= 0.56	$\bar{X}=27.10^b$ s=0.63	$\bar{X}=25.87^a$ s =1.22
<b>EE%</b>	$\bar{X}=3.93^c$ s =0.46	$\bar{X}=3.45^a$ s =0.26	$\bar{X}=3.19^a$ s =0.40
<b>FC%</b>	$\bar{X}=28.85^c$ s =1.00	$\bar{X}=25.81^c$ s =0.86	$\bar{X}=23.91^a$ s =0.65
<b>PC%</b>	$\bar{X}=11.94^c$ s =0.37	$\bar{X}=13.26^c$ s =0.36	$\bar{X}=15.48^a$ s =0.49
<b>Cenizas%</b>	$\bar{X}=10.77^c$ s =0.44	$\bar{X}=14.56^c$ s =0.49	$\bar{X}=14.88^a$ s =0.95

<b>ELN%</b>	$\bar{X}=44.49^b$ s =1.24	$\bar{X}=42.89^a$ s =1.30	$\bar{X}=42.51^a$ s =1.27
<b>TND%</b>	$\bar{X}=34.45^c$ s =3.30	$\bar{X}=21.19^a$ s =1.89	$\bar{X}=21.02^a$ s =4.21

<sup>a</sup>= no hay diferencia

<sup>b</sup>= p>0.05

<sup>c</sup>=p>0.01

En términos de proteína cruda(PC) se evidenció diferencia estadísticamente significativa en los valores entre los tratamientos (F 129.06, GD 2, p=0.001). Las mezclas de ensilado fluctuaron en términos de PC de 11.49% a 15.93%. Se observó un mayor valor de PC en las mezclas con mayor cantidad de *TD*.

En cuanto al extracto etéreo (EE) se evidenció diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos (F 6.55, GD 2, p=0.0073). Las repeticiones de los tratamientos de ensilado presentaron un rango entre 2.87% a 4.73%.

Para las cenizas (Cen) se evidenció diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos (F 81.31, GD 2, p=0.001). La cantidad de Cen aumentó ( $\bar{x}$ =14.889) en mezclas con más cantidad de *TD*, decreciendo en las mezclas de mayor *SV* ( $\bar{x}$ =10.773). Estudios bromatológicos de *TD* realizados por Kato C. (1998) mostraron valores similares de Cen entre 12.7% a 15.66%.

Los niveles de fibra cruda (FC) fueron diferentes significativamente entre los tratamientos (F 55.17, GD 2, p=0.001). El ensilado varió en FC con valor mínimo de 23.28% a y valor máximo de 30.54%. El valor de FC disminuyó ( $\bar{x}$ =23.916) en mezclas con más *TD*, respecto al ensilado con mayor cantidad de *SV* ( $\bar{x}$ =28.850).

Los valores del extracto libre de nitrógeno(ELN) presentaron diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos (F 4.77, GD 2, p= 0.0218). Se determinó que el T1 obtuvo mayor diferencia en el valor de ELN(p=0.001). Las mezclas de ensilado fluctuaron entre 44.49% a 42.51%. Es importante mencionar que el aumento de *TD* en ensilados estudiados disminuye los valores de ELN ( $\bar{x}$ =42.51). Los valores encontrados en los ensilados están por debajo de un contenido ideal del 50% de digestibilidad (McDowell et al. 1974).

El total de nutrientes digestibles (TND) fue diferente entre los tratamientos (F 415.50, GD 2, p-valor p=0.001). Se determinó que el T1 ( $\bar{x}$  = 34.45) obtuvo mayor diferencia en el valor de TND (p=0.001). Los niveles de digestibilidad de ensilados de *TD* están en debate, ya que no poseen los valores deseados para la ganadería bovina,

superiores a un 50% de TND y ELN (Gibb, 1997). Estudios de Montaña (2003) midiendo la calidad y potencial forrajero del bosque tropical, concluyen que los nutrientes digestibles comprendidos en valores de TND entre el 30 y 50% se consideran limitantes en la alimentación de rumiantes.

Se observó asociación entre la calificación de las características sensoriales y los tratamientos (chi-cuadrado 19.45, DF 6,  $p=0.0035$ ) (cuadro 2). Las opiniones de los expertos cambian para cada uno de los tratamientos. Las opiniones de bueno a excelente se incrementan para los tratamientos con mayor cantidad de SV. Ninguno de los expertos calificó el T1 en la categoría de mala calidad. El T2 fue el que obtuvo la mayor cantidad de opiniones en excelente calidad. Los expertos al opinar sobre los tratamientos con menor cantidad de SV, se inclinaron por una calidad de regular a mala.

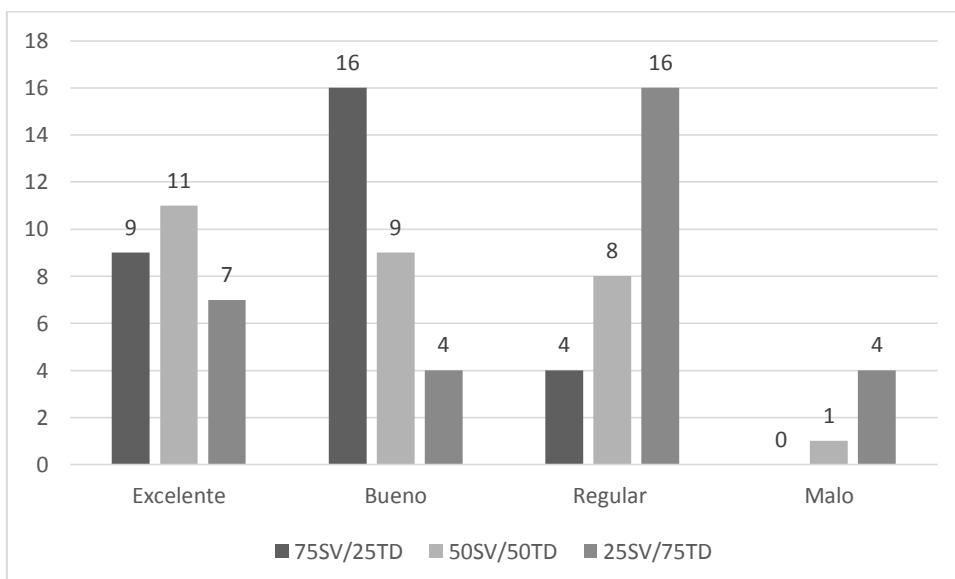


Figura 1. Distribución de las opiniones de los expertos sobre cada tratamiento de ensilado.

Cuadro 2.

*Frecuencia de las opiniones de los expertos sobre cada tratamiento de ensilado.*

	Excelente	Bueno	Regular	Malo	Total
75SV/25TD	9	16	4	0	29
25SV/75TD	11	9	8	1	29
25SV/75TD	7	4	14	4	29
<b>Total</b>	27	29	26	5	87

Durante el presente estudio se observó que a medida que aumentó el porcentaje de *TD* en los ensilados, disminuyó la MS, EE y FC. Con respecto a la PC su valor aumentó a medida que se incrementó *TD*. Las cenizas aumentaron a medida que se incrementó la cantidad de *TD*. Las cuantificaciones de ELN y TND fueron altas para la proporción de 75%SVy 25%*TD*. Sin embargo, todos los tratamientos evaluados son considerados limitantes en la alimentación de rumiantes, debido a sus valores inferiores al 50% de TND y ELN. El pH se mantuvo dentro del rango deseado para el proceso de ensilado en todas las repeticiones (valor mínimo 3.6, valor máximo 4.6). La opinión de los expertos señaló que la mezcla con menos cantidad de *TD* no se considera mala, permaneciendo en un intervalo entre regular a excelente. La investigación de *Tithonia diversifolia* en mezclas para ensilado con gramíneas altas en carbohidratos debe ampliarse a estudios con especies no rumiantes.

Estudios de Nhan, et al. (2011) y Fasuyi, et al. (2010) utilizando *TD* en mezclas de ensilados y en dietas para animales no rumiantes, encontraron valores nutricionales de 15.2% al 20.6% de PC, 4.0% al 4.97% de EE, 8.45% de Cen, y 14% a 18.9% de FC. Es necesario ampliar las investigaciones acerca de la utilización de *TD* en mezclas de ensilados para respaldar la tesis de ser una alternativa en nutrición animal.

Estudios de digestibilidad en conejos han demostrado que el uso de *TD* llena los requerimientos nutricionales en en la fase de engorde (Nieves, et al. 2011). En alimentación de rumiantes las cantidades de Cen, ELN y TNE de *TD* son una limitante. En el presente estudio, el corte de la *TD* se realizó en una plantación de un año de establecida, utilizando hoja y peciolo. Nieves et al. (2011) uniformizó el cultivo de *TD* 30 días antes de utilizarlo para experimentar en conejos. El uso de *TD* en ensilados podría variar debido a la edad de la planta al momento del corte, por lo que debe experimentarse con dicha variable.

El tratamiento con la proporción 75 SV y 25 *TD* mostró los valores que podrían considerarse como una alternativa nutricional, en comparación con los otros dos

tratamientos, por su contenido de ENL y TND. Esta proporción evaluada podría tener impacto para el pequeño campesino, como una alternativa en la alimentación de animales no rumiantes, debido a que la TD es una planta que se distribuye en zonas tropicales húmedas y subhúmedas aportando niveles de PC entre el 7-12% (Jama et al. 2000; Fasuyi, et al. 2010, 2011, 2012, 2013 & 2014; Nhan, et al. 2011).

La necesidad de continuar investigación del uso de *TD*, radica en la búsqueda de aumentar su valor nutricional por medio de evaluar la altura de planta al momento del corte, diferentes tiempos de recuperación de la planta y fuentes de fertilización. Las variedades de *TD* y *SV* podrían ser abordadas en términos del valor nutricional, agregando análisis de energía neta, fibra neutro-detergente, fibra ácido detergente, taninos y digestibilidad. Pruebas de digestibilidad *in situ* e *in vitro* mostrarían con mayor claridad, la cantidad de nutrientes aprovechables para ovinos, caprinos, cerdos y aves.

## Referencias

- Amador, A., & Boschini, C. (2000). Calidad nutricional de la planta de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) para alimentación animal. *Agronomía Mesoamericana* 11(2): 79-84.
- Aminah, A., Bakar, C. A., & I zham, A. (2001). Ensilaje de forrajes tropicales: calidad nutritiva y producción de leche. *Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos*, 161:53.
- Ashbell, G., & Weinberg, Z. G. (2001). Ensilaje de cereales y cultivos forrajeros en el trópico. In Memorias de la conferencia electrónica de la FAO sobre el ensilaje en los trópicos. *Estudio FAO producción y protección vegetal*. 161: 111-119.
- Betancourt, M., González, I., & Martínez, D. A. M. (2005). Evaluación de la calidad de los ensilajes. *Revista Digital Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Venezuela*, 8, 1-5. Recuperado de [http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_tec/ceniaphoy/articulos/n8/arti/betancourt\\_m/betancourt\\_m.htm](http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n8/arti/betancourt_m/betancourt_m.htm)
- Boschini, C. (2003). Características físicas y valor nutritivo del ensilaje de morera (*Morus alba*) mezclado con forraje de maíz. *Agronomía Mesoamericana*: 14(1):51-57.
- Castro, C. A. S. (2004). Ensilaje de forrajes: alternativa para la alimentación de rumiantes en el trópico 5:23
- Chaverra Gil, H. (2000). *El ensilaje en la alimentación del ganado vacuno* No. IICA-L02 1. Bogotá Colombia: IICA
- Chay,A.J. et al. (2006). Productividad de *Tithonia diversifolia* intercalado a *Cynodon nemfluensis* y *Gliricidia sepium* abonado con ovinaza. *Resúmenes IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción animal sostenible y III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible*. EEPF . Matanzas, "Indio Hatuey". Cuba. p. 29
- Díaz, A. (2009). *Diseño estadístico de experimentos*. Antioquia: Universidad de Antioquia.

- Fasuyi, A. O., Dairo, F. A. S., & Ibitayo, F. J. (2010). Ensiling wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) leaves with sugar cane molasses. *Livestock Research for Rural Development*, 22 (3)
- Fasuyi, A. O., & Ibitayo, F. J. (2011). Preliminary analyses and amino acid profile of wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) leaves. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5 (1)
- Fasuyi, A. O., & Afolabi, A. A. (2013). Protein supplementation value of sun-dried ensiled sunflower (*Tithonia diversifolia*) in grower pigs: Growth performance and nitrogen utilization. *African Journal of Food Science*, 7 (9):344-349.
- Fasuyi, A. O., & Okeke, P. (2014). Extrapolating nutritional potentials of ensiled wild sunflower (*Tithonia diversifolia*) leaf meal: proximate composition and functional properties. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 8 (1):8-16.
- Ferrer, G. J., Quechulpa, S., Bazán, E. E., Pinto, L. S., Montes, F. R., & Rosano, M. R. Y. C. M. (2010) Ganadería y cambio climático: mitigación y adaptación. *Revista de Agroecología*, 9-10.
- Gallego-Castro, L. A., Machena-Ledesma, L., & Angulo, J. (2014). Potencial forrajero de *Tithonia diversifolia* Hemsl. A Gray en la producción de vacas lecheras. *Agronomía Mesoamericana*, 25 (2): 393-403.
- Gibb, D. J. (1997). Nutrient Requirements of Beef Cattle. *The Canadian Veterinary Journal*, 38 (10): 662.
- Groot, J. C. J., von Keulen, H., & Oosting, S. J. (2010). Exploration and design of alternative feeding systems for livestock in the tropics by integrative system approaches. *Advances in Animal Biosciences*, 1 (02): 441-442.

- Guillén, R., Pomareda, C., Pérez, E., & Umaña, V. (1998). La ganadería e industrias afines en Centroamérica: desafíos y oportunidades. Unidad Regional de Asistencia Técnica. San José, Costa Rica.
- Holdridge, L. R. (1967). Life Zone Ecology. *Tropical Science Center*. San José, Costa Rica.
- Jiménez Arango, F., & Moreno Moreno, J. (2002). El ensilaje: una alternativa para la conservación de forrajes. Bogotá. CORPOICA.
- Jama, B., Palm, C. A., Buresh, R. J., Niang, A., Gachengo, C., Nziguheba, G., & Amadalo, B. (2000). *Tithonia diversifolia* as a green manure for soil fertility improvement in western Kenya: a review. *Agroforestry systems*, 49 (2): 201-221.
- Kato, C. I. R. (1998). *Tithonia diversifolia* (hemsl.) Gray, una planta con potencial para la producción sostenible en el trópico. *Conferencia electrónica de la FAO sobre "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica"* Cali, Colombia, 217-229.
- McDowell, L. R., Conrad, J. E., Thomas, J. E., & Harris, L. E. (1974). *Latin American tables of feed composition*. Gainesville: University of Florida.
- Meneses, M., Madrid, J., Hernández, F., Gallego, J. A., Megías, M. D., & Martínez, A. (2007). Evaluación fermentativa del ensilado del subproducto de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) en tres niveles de un microsilo. *In Anales de Veterinaria de Murcia*. 23: 129-136
- Merry, R. J., Lowes, K. F., & Winters, A. L. (1997). Current and future approaches to biocontrol in silage. *In Proceedings of the 8th International Symposium on Forage Conservation, Research Institute of Animal Nutrition, Brno, Czech Republic* (Vol. 29, pp. 17-27

- Montaño, C., Velásquez, M. S., López, L. P., & Guzmán, M. C. (2003). Calidad y potencial forrajero de especies del bosque tropical caducifolio de la Sierra de Manantlán, México. *Agrociencia*. 37:203-210
- Mooi, K. C. (1991). Varietal and density effects on vegetable corn and forage production. *MARDI Research Journal* 19: 217-223.
- Nhan, N., Hon, N. V., & Preston, T. R. (2011). Studies on ensiling of *Tithonia diversifolia* and Taro (*Colocasia esculenta*) and feeding the silage to fattening pigs as partial replacement of a basal diet of rice bran, broken rice, soybean meal and fish meal. *Livestock Research for Rural Development*. Recuperado de <http://mekarn.org/workshops/pakse/html/nhan.htm>
- Nieves, D., Terán, O., Cruz, L., Mena, M., Gutiérrez, F., & Ly, J. (2011). Digestibilidad de nutrientes en follaje de árnica (*Tithonia diversifolia*) en conejos de engorde. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(1): 309-314.
- Van Sao, N., Mui, N. T., & Van Binh, Đ. (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*. Recuperado de <http://www.lrrd.org/lrrd22/8/sao22151.htm>
- Vargas, C. R., Jimenez, C., Boschini, C., & Constela, M. (1981). Estudio sobre cambios físicoquímicos durante la fermentación del pasto elefante en microsilos de laboratorio con tres niveles de melaza. *Agronomía Costarricense*, 5 (1/2): 121-125.
- Woolford, M. K. (1984). Managing aerobic deterioration in silage. *Silage Management*. Natl. West Des Moines, IA, 42-75.
- Wong, C. (2001). El papel de ensilaje en la producción de rumiantes en el trópico húmedo. *Livestock Research Centre*. Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI). Malasia. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/005/X8486S/x8486s03.htm>