

Degradación in situ de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y su relación con la emisión de metano entérico.

Responsables: Ing. Victoria Arronis D., MSc.(varronis@inta.go.cr)

Ing. Sergio Abarca M., MSc. (sabarca@inta.go.cr)

Corresponsable: Ing. Roberto Soto (rsoto@inta.go.cr)

Institución: Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria

Fecha: 16 de diciembre de 2016

Planteamiento/Formulación del Problema

La ganadería de leche costarricense depende en gran medida de la producción de granos (maíz, soya) para la fabricación de concentrados, dado que la mayoría de la genética del país ha basado su mejoramiento en función de animales convertidores de grano a leche. No obstante, se ha observado que estos sistema de producción acarrear: una gran huella de carbono y alta volatilidad en los precios de estas materias primas; dependiendo este último aspecto de episodios de sequía en los países de producción de granos y variaciones del precio internacional del petróleo, ya que esta producción es altamente dependiente de combustible fósil, desde la siembra del grano hasta el transporte a la finca.

Aparte de otros procesos propios de la globalización del comercio de mercancías, que tratan de reducir barreras arancelarias, sin considerar las asimetrías y no toman los subsidios como dumping, debido a los tratados de libre comercio (UN, 2013).

En los sistemas ganaderos del trópico donde la alimentación se basa principalmente en forrajes de piso; la disponibilidad de forraje varía durante el año. En las épocas críticas; de sequía o de excesos de lluvia dependiendo de la zona, se reduce drásticamente el consumo de forrajes y por ende se baja la producción en las fincas. En los últimos años se han generado opciones tecnológicas que involucran la utilización de bancos forrajeros como estrategia de alimentación para esas épocas difíciles. El botón de oro (*Tithonia diversifolia*), es una de esas forrajeras de corte de alta calidad nutricional que está siendo utilizada en sistemas de carne y leche. En este estudio se quiere determinar su valor nutritivo y su aporte a la mejora de la dieta y la emisión de metano (CH₄) entérico.

Aunque se está claro con respecto a las bondades del forraje de *Tithonia*, en relación con su persistencia, producción de forraje comestible y además se conoce de

su calidad nutricional. Es necesario generar información para poder integrar en forma práctica el potencial nutricional de esta especie para la producción lechera en el trópico e implementar sistemas de alimentación prácticos y viables.

Antecedentes

Este estudio se enmarca dentro de sistemas de producción ganaderos competitivos con bajas emisiones de gases de efecto invernadero.

Está claro que la calidad de los forrajes tiene gran influencia en el consumo de materia seca y la emisión de metano entérico de los bovinos (IPCC 2006). En Costa Rica actualmente se desarrolla una estrategia para una ganadería baja en emisiones de carbono, que tiene como base una acción de mitigación nacionalmente apropiada (NAMA), que desarrolla acciones tendientes a la medición, registro y verificación (MRV) sobre las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de los sistemas primarios de las agrocadenas de leche y carne bovina.

En recientes trabajos, se ha observado que la emisión de metano por fermentación entérica de los bovinos representa entre un 60 a 90% de la emisión estimada de las fincas de leche y carne (Iñamagua 2014; García 2015). Dentro de las acciones que generaría mayor impacto en la reducción del metano entérico son el adecuado manejo de forrajes, y el mejoramiento de la calidad y cantidad de la dieta ofrecida a los animales (Abarca 2015).

Estudios realizados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), indica que la actividad ganadera genera aproximadamente 7.1 gigatoneladas de dióxido de carbono al año, 14.5% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) inducidas por la actividad humana, de estos se estima que a nivel mundial los rumiantes producen 80 millones de toneladas de metano por año, lo que representa el 28% de las emisiones antropogénicas (Beauchemin et al., 2008). Durante la última década se ha puesto especial atención en formular estrategias para mitigar los gases de efecto invernadero por los rumiantes, poniendo especial atención en la dieta alimenticia de los rumiantes (Barros-Rodríguez et al., 2014).

La utilización de alimentos (pastos, forrajes, y granos) ricos en compuestos secundarios se presentan como una alternativa para mitigar los gases de efecto invernadero y disminuir las pérdidas de energía en los rumiantes (Cortés, J.E et al., 2009; Animut et al., 2008; Bhatta et al., 2009). En investigaciones realizadas utilizando plantas ricas en taninos y saponinas se logró reducir de forma significativa los gases de efecto invernadero, además que se mejoró la utilización de la proteína (Barros-Rodríguez et al., 2014).

En este sentido Gunjan et al. (2012) mencionan que el uso de las especies forrajeras que contienen compuestos secundarios como suplemento alimenticio para rumiantes en muchas partes del mundo está aumentando con el fin de mejorar el rendimiento de

los animales y reducir las pérdidas de energía en forma de gases de efecto invernadero. Los taninos y saponinas constituyen las principales clases de compuestos secundarios que se encuentran actualmente bajo investigación en varios laboratorios. La acción y los efectos sobre la fermentación del rumen de estos compuestos antimicrobianos dependen de su naturaleza, la actividad y la concentración en una planta (Abdulrazak et al., 2000).

OBJETIVO GENERAL

Determinar la degradación potencial de los forrajes más utilizados bajo condiciones de Trópico Húmedo, en este caso del botón de oro (*Tithonia diversifolia*).

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Determinar la producción de biomasa, Materia Seca, FND, FAD, Lignina a diferentes edades, 40, 50, y 60 días.
2. Determinar la velocidad de paso y digestibilidad real de la *Tithonia diversifolia* en diferentes edades.
3. Determinar el consumo de Materia Seca y el grado de sustitución del forraje de piso y concentrado
4. Observar el efecto las emisiones de metano por la fermentación entérica y las emisiones de óxido nitroso y metano de los purines.

Importancia y justificación

Este proyecto se llevará a cabo en la Estación Experimental del Inta en Quepos, donde está establecido un banco de germoplasma del botón de oro (*Tithonia diversifolia*) y en las instalaciones del CATIE, en Turrialba, donde se llevaran los animales que fueron fistulados en la Estación Los Diamantes del Inta, para efectuar las pruebas.

Los resultados obtenidos estarán disponibles para todos los ganaderos del país, interesados en utilizar esta forrajera en sus sistemas. Además este trabajo de investigación es pionero en el país y sienta el precedente para analizar otras forrajeras importantes nutricionalmente.

Elementos teóricos

De acuerdo con Hegarty et al (2007) la calidad de la ración consumida es un determinante importante en la emisión diaria de metano del ganado, y ha sido incluida en la mayoría de los sistemas de estimación de emisión por fermentación entérica que se utilizan hoy día. Es conocido que la variación de la emisión de metano se debe a varios factores, pero la mayor se presenta por el consumo y digestibilidad de la dieta.

Existe una correlación positiva entre consumo de energía y emisión de metano, y esto está directamente relacionado con el incremento del substrato para la fermentación ruminal que sufre más cantidad de hidrógeno para la metanogénesis. En términos de energía bruta IPCC (2006) indica que la pérdida es de 3,5 a 6,5% de la energía consumida. Van Soest (1994) estima que las pérdidas son de 5 a 12 % de la energía digestible, quedando en evidencia la asociación consumo de materia seca-digestibilidad de la dieta-emisión.

En condiciones de pastoreo en el trópico húmedo, se ha observado variaciones importantes en producción de biomasa comestible de los forrajes (Villareal 1992) así como también de calidad cuando son sometidos a sombra. Van Soest (1994) hace referencia a las diferencias en digestibilidad de los forrajes a diferente edad de cosecha y de época del año. No obstante, los estudios conducidos hasta ahora en relación a las estimaciones de metano entérico en Costa Rica han sido con referencia a valores promedio de consumo de energía bruta, sin relacionar la digestibilidad en diferentes edades de cosecha, pastoreo, y época del año.

En el presente trabajo se escogió la (*Tithonia diversifolia*) porque es una forrajera de alta calidad nutricional. También se le llama en nuestro país: falso girasol, girasolcillo, tora amarilla. Es una planta endémica, se da desde el nivel del mar hasta los 2200 msnm, existen 34 ecotipos, solamente algunos son consumidos por el ganado. Tiene contenidos altos de proteína desde 24% en suelos poco fértiles y pedregosos hasta 34% en suelos de buena fertilidad. De alta digestibilidad 85% a los 45 días. (Arronis, 2014)

La inclusión de una no leguminosa como (*Tithonia diversifolia*) en los sistemas silvopastoriles intensivos mejora la calidad de la dieta tradicional basada principalmente en gramíneas, por su alto contenido de proteína, alta degradabilidad en el rumen y bajo contenido de fibra. Esto contribuye a que los sistemas productivos sean más sostenibles, disminuyendo las emisiones de metano, (Donney's, et al, 214)

Metodología

VARIABLES Y MÉTODOS DE EVALUACIÓN

Biomasa.

Las mediciones de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) se llevarán a cabo en el área de ganadería de la Estación Experimental de Quepos, cantón de Quepos. La zona de vida, de acuerdo con la clasificación de Holdridge (1978) corresponde a Bosque Húmedo Tropical Basal, con una precipitación anual de 4000 mm, y una temperatura diaria promedio de 26 °C.

Degradación “*in situ*”:

Para la determinación de la degradación “*in situ*” de la *Tithonia diversifolia*, se les ofrecerá una ración equivalente al 30% del consumo estimado en materia seca a tres animales fistulados. La evaluación tendrá una duración de 31 días, con 22 días de acostumbamiento y tres de medición por cada corrida.

Forrajes a incubar

Proyecto	Forraje	Línea de compromiso	Edad de Rebrote (días)
BOTON DE ORO	<u><i>Tithonia diversifolia</i></u>	INTA (Quepos)	40
			50
			60

Se incubará por duplicado material molido a 2 mm (5 gr de forraje) en bolsas de dacrón de aproximadamente 17,0 cm de largo por 9,0 de ancho, con un poro de 52µ. Los tiempos de incubación serán de 1, 2, 4, 12, 18, 24, 36, 48 y 72 horas. Luego de lavarlas en forma homogénea, se secarán a 64°C por 48 horas de acuerdo con la técnica descrita por Orskov, Hovelly Mould (1979).

El cálculo de degradación para la materia seca (MS) proteína cruda (PC) y pared celular (FDN) se realizará mediante la siguiente formula:

$$\% \text{ Degrad} = \frac{\text{Cantidad inicial} + \text{Cantidad residual}}{\text{Cantidad inicial}} * 100$$

El modelo a utilizar en todos los casos es el propuesto por Orskov (1982), en el cual el porcentaje de material degradado (p) después de un tiempo (t) puede describirse con la ecuación:

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

dónde:

p = Porcentaje de degradación acumulada en el tiempo t

a = intercepto de la curva de degradación cuando t = 0 (Fracción rápidamente soluble)

b = fracción que se degrada por acción microbiana

c = constante a la cual la fracción descrita como b es degradada por hora

Diseño Experimental

Se utilizará un cuadrado latino de tres periodos (tres corridas de digestibilidad), con tres repeticiones (animales fistulados), en tres tratamientos (edades de rebrote), Lucas (1983), con el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + E_j + R_k + \epsilon_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = Degradabilidad en el K-esimo animal, de la j esima edad, del i esimo cuadrado.

E_j = Efecto del j esima edad (días de rebrote)

R_k = Efecto del k esimo animal (tres animales)

ϵ_{ijk} = error aleatorio

Diseño Experimental Propuesto

Periodo	Repeticiones		
	A _I	A _{II}	A _{III}
1	T ₄₀	T ₅₀	T ₆₀
2	T ₅₀	T ₆₀	T ₄₀
3	T ₆₀	T ₄₀	T ₅₀

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES:

Año	2016			2017			
Mes	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr

Preparación de animales							
Recolección de Materiales							
Preparación de Materiales							
Corridas de Incubación							
Análisis de laboratorio							
Análisis de información							
Informe							

Durante diciembre 2016 no se tendrá actividad en este proyecto¹⁴.

PRESUPUESTO

El INTA aporta el 45% de los costos del proyecto, el 55 % restante lo sufraga la Red de Forrajes

Rubro	Unidad	Valor (¢)	Organización
Animales	Semoviente	¢2.400.000	Inta
Mantenimiento de animales	3 semovientes	¢420.000	Red
Manejo de animales	3 semovientes	¢224.000	Red
Toma de muestras	3 sitios	¢200.000	Red
Incubación de muestras	60 muestras	¢120.000	Red
Análisis de Muestras	300 determinaciones	¢3.000.000	Red
Análisis de información	100 horas profes.	¢1.250.000	INTA
Canulas, fistulación	5 semovientes	¢1.500.000	Red
Materiales de oficina	Varios	¢28.000	INTA/CATIE
Materiales de muestreo	Varios	¢50.000	Red
Mante. oficina y laboratorio	Servicios públicos	¢28.500	INTA
Total		¢9.220.500	

LITERATURA CONSULTADA Y CITADA

Abarca, M. S. 2015. Buenas prácticas de manejo de fincas ganaderas en relación con el medio ambiente y el cambio climático. Revista Universidad Técnica Nacional. Año XVII. 72:18-23.

Arronis, V. 2014. Bancos forrajeros de energía y proteína como estrategia para enfrentar los efectos negativos del cambio climático. INTA-Corfoga. 13p.

Arronis, V. 2015. Banco forrajero de botón de oro (*Tithonia diversifolia*). Brochure. Dirección Regional Pacífico Central del MAG. INTA.

Donney's, G.; Molina, I.C.; Rivera, J.E.; Villegas, G.; Chará, J.; Barahona, R..Producción In Vitro de metano de dietas ofrecidas en Sistemas Silvopastoriles Intensivos con *Tithonia diversifolia* y sistemas tradicionales. CIPAV. III Congreso SS – VIII Congreso de AF. 661-667p.

García, O. K. 2015. Propuesta de alternativas de reducción de gases de efecto invernadero (GEI) para los sistemas lecheros de San Joaquín de Tuis, Turrialba, Costa Rica. Tesis M.Sc. Universidad Nacional/Ciencias Veterinarias Tropicales.

Hegarty, R.S.; J. P. Goopy, J. P.; R. M. Herd, R. P.; McCorkell, B. 2007. Cattle selected for lower residual feed intake have reduced daily methane production. *Journal Animal Science* 85: 1479-1486.
<http://www.journalofanimalscience.org/content/85/6/1479>

Holdridge, L 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José, Costa Rica, IICA. 216p.

Ñamagua, U. J. P. 2014. Estrategias de alimentación, emisión de gases de efecto invernadero y relación ingreso-costos de alimentación asociados a la producción de leche en fincas productoras de la Cooperativa Dos Pinos, en Costa Rica. Tesis M. Sc. CATIE. Turrialba, C.R. 77p.

IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático), 2006. Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Vol. 4: Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Cap. 10: Emisiones resultantes de la gestión del ganado y del estiércol. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

James, G. C. 1995. Efecto de cuatro niveles de luz en la producción de biomasa y la calidad nutritiva de cinco especies forrajeras en el Trópico Húmedo de Costa Rica. Tesis. UCR/Sede Regional Turrialba. Costa Rica. 84p.

Lucas, H. R. 1983. Design and analysis of feeding experiments with milking dairy cattle. Recopied of an original mimeographed copy, by Biomathematics Graduate Program, Department of Statistic. N.C., North Carolina State University. p. 16-1 a 16-51 (Mimeo. Serie 18).

Murgueitio, E.; Barahona, R. ; Flores, M.X.; Chará D.; Rivera J.D. 2016. Es posible enfrentar el Cambio Climático y producir mas leche y carne con Sistemas Silvopastoriles Intensivos. Revista Ceiba. Volumen 54 No. 1. Colombia

Orskov, E. R. 1982. Methods of measuring degradability of feed nitrogen. In: Protein nutrition in ruminants. London, Academy Press, p: 45-63.

Orskov, E. R.; Hovell, R. O.; Mould, F. 1980. Uso de la técnica de la bosa de nylon para la evaluación de los alimentos. Producción Animal Tropical (R.D.) 5(3):213-233.

Rivera, J.E.; Naranjo, J.F. ; Cuartas, C.A.; Arenas, F.A. 2013. Fermentación In Vitro y composición química de algunos forrajes y dietas ofrecidas bajo un Sistema Silvopastoril en el Trópico de altura. CIPAV. Livestock Research Development 25 (10).

United Nations (UN) 2013. United Nations on Trade and Development. Trade and Environment Review 2013. Wake Up Before It Is Too Late. Make Agriculture Truly Sustainable Now for Food Security in a Changing Climate. UN.
http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/ditcted2012d3_en.pdf

Van Soest, P. 1994. Nutritional Ecology of Ruminant. 2nd ed. Cornell University. USA. 479 p.

Villareal, M. 1992. Agronomía Costarricense 16(1): 37-44 1992